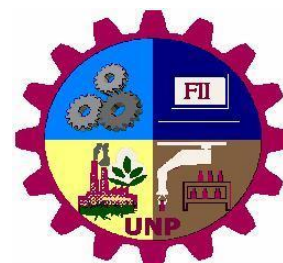


UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



TESIS

**“TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL TANQUE
IMHOFF PARA DISMINUIR LA CONTAMINACIÓN EN LA
QUEBRADA SICACATE DEL DISTRITO DE MONTERO”**

Presentada por:

STACI NICOLE MORENO JABO

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

Línea de Investigación:

EXPERIMENTAL

Piura, Perú

2017

**“TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL
TANQUE IMHOFF PARA DISMINUIR LA
CONTAMINACIÓN EN LA QUEBRADA SICACATE DEL
DISTRITO DE MONTERO”**

RESPONSABLE:



Alumna. MORENO JABO, STACI NICOLE

ASESOR:



MSc. MADRID GUEVARA, FERNANDO

JURADO CALIFICADOR



Dr. NÉSTOR JAVIER ZAPATA PALACIOS
PRESIDENTE



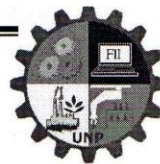
ING. VÍCTOR ENRIQUE ANTÓN ANTÓN
SECRETARIO



ING. FELIX HEREDIA CALVO
VOCAL



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL
DECANATO



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado Calificador de la Tesis denominada: «**TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL TANQUE IMHOFF PARA DISMINUIR LA CONTAMINACIÓN EN LA QUEBRADA SICACATE DEL DISTRITO DE MONTERO**», presentado por **STACI NICOLE MORENO JABO**, Bachiller en **INGENIERÍA INDUSTRIAL**, asesorado por el **MSc. FERNANDO MADRID GUEVARA**, Reunidos para la sustentación de ésta y luego de escuchar su exposición y las respuestas a las preguntas formuladas, la declaran:




Con el Calificativo:

APROBADA
SOBRESALIENTE

En consecuencia la sustentante se encuentra **apta** para recibir el título profesional de **INGENIERO INDUSTRIAL** conforme a Ley.

Piura, 09 de Febrero del 2018


Dr. NESTOR JAVIER ZAPATA PALACIOS
PRESIDENTE – JURADO CALIFICADOR


ING. FELIX VICTORIANO HEREDIA CALVO
VOCAL – JURADO CALIFICADOR


ING. VICTOR ENRIQUE ANTÓN ANTÓN
SECRETARIO – JURADO CALIFICADOR

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi familia, quienes me motivaron a continuar y perseverar en los momentos difíciles:

A mi padre por enseñarme con su ejemplo a enfrentarme a los problemas.

A mi madre por su aliento y apoyo en todo momento y ante cualquier circunstancia.

A mi hermano Bryan por animarme a ser mejor cada día.

Dios los proteja y bendiga siempre.

AGRADECIMIENTOS

A Cristian, porque sin él, el desarrollo de esta tesis hubiera sido imposible.

A Erick por darme la fuerza necesaria para enfrentar mis miedos y las dificultades, así como brindarme su apoyo incondicional en todo momento.

A Luz y Viviana, por sus muestras de preocupación y apoyo incondicional en cada una de las etapas de esta tesis.

A la Universidad Nacional de Piura y a sus catedráticos por brindar sus valiosos conocimientos, especialmente al Dr. Fernando Madrid por el apoyo brindado en esta tesis.

RESUMEN

La investigación fue desarrollada, basada en las características iniciales del agua que ingresa al tanque de Imhoff, en comparación con la calidad del agua que sale (efluente). Se usaron aditivos esenciales tales como: bacterias degradantes, que se cultivaron en condiciones específicas, a fin de reducir la carga orgánica presente en el efluente. Asimismo, se utilizaron concentraciones de hipoclorito de calcio, que fueron evaluadas y examinadas, para reducir la carga microbiológica en el efluente. Ambos objetivos se lograron, demostrando que el uso de hipoclorito de calcio y bacterias degradantes mejoraría la calidad del agua del efluente del tanque Imhoff, mejorando la calidad del flujo de salida, reduciendo la contaminación del cuerpo de agua donde se deposita (Quebrada Sicacate). Se demostró que con este tratamiento, fue posible reducir la contaminación del agua, sin embargo, no es suficiente, proponiendo la implementación de otros tratamientos complementarios (lagunas aireadas, humedales), que facilitan el mejor tratamiento de aguas residuales urbanas; así como una mejor utilización del lodo obtenido del tanque Imhoff, producto del tratamiento (sedimentación).

PALABRA CLAVE: tanque imhoff; agua residual; tratamiento de aguas residuales, montero, sicacate.

ABSTRACT

The research was developed, based on the initial characteristics of the water entering the Imhoff tank, versus the quality of the water leaving it (Effluent). Essential additives such as: degrading bacteria were used, which were cultivated under specific conditions, in order to reduce the organic load present in the effluent. Likewise, concentrations of calcium hypochlorite were used, which were evaluated and examined, in order to reduce the microbiological load in the effluent. Both objectives were achieved, demonstrating that the use of calcium hypochlorite and degrading bacteria would improve the water quality of the Imhoff tank effluent, improving the quality of the outflow, reducing contamination of the body of water where it is deposited (Quebrada Sicacate). It was therefore demonstrated that with this treatment, it was possible to reduce water pollution, however, it is not enough, proposing the implementation of other complementary treatments (aerated lagoons, wetlands), which facilitate the best treatment of urban wastewater; as well as a better utilization of the sludge obtained from the Imhoff tank, product of the treatment (sedimentation).

KEY WORDS: IMHOFF TANK; RESIDUAL WATER; TREATMENT OF WASTE WATER, MONTERO, SICACATE .

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	12
CAPÍTULO I: ASPECTOS DE LA PROBLEMÁTICA	14
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	14
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	14
1.2.1. Pregunta general.....	14
1.2.2. Preguntas específicas	15
1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
1.4. OBJETIVOS	16
1.4.1. Objetivo general.....	16
1.4.2. Objetivos específicos.....	16
1.5. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.	16
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	17
2.1. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN.....	17
2.1.1. Antecedentes Internacionales	17
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	18
2.1.3. Antecedentes Local.....	19
2.2. BASES TEÓRICAS.....	20
2.2.1. Aguas residuales.....	20
2.2.2. Composición del Agua Residual	20
2.2.3. Características de las Aguas Residuales Domesticas	23
2.2.4. Indicadores	25
2.2.5. Tratamiento de las Aguas Residuales.....	31
2.2.6. Tanque Imhoff	42
2.2.7. Normativa de Referencia	44

2.2.8. Descripción de Aditivos Empleados	48
2.3. GLOSARIO DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	50
2.4. HIPÓTESIS	53
2.5. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	54
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	56
3.1. ENFOQUE	56
3.2. DISEÑO	56
3.3. NIVEL	56
3.4. TIPO.....	56
3.5. SUJETOS DE LA INVESTIGACIÓN	57
3.5.1. Universo Poblacional.....	57
3.5.2. Tamaño de Muestra	57
3.6. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS	58
3.6.1. Determinación de las características de las aguas residuales que se reciben en el tanque imhoff.....	58
3.6.2. Determinación de la dosificación de bacterias degradadoras óptimas para disminuir la concentración de materia orgánica en el agua saliente del tanque imhoff.....	63
3.6.3. Determinación de la dosificación de hipoclorito de Calcio ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$) óptimo para disminuir la concentración de bacterias en el agua saliente del tanque Imhoff.....	66
3.6.4. Determinación de la eficiencia del tratamiento de aguas residuales salientes del tanque imhoff.....	67
3.7. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS.....	67
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	69
4.1. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES EN EL TANQUE IMHOFF.....	69
4.2. DETERMINACIÓN DE LA DOSIFICACIÓN DE BACTERIAS DEGRADORAS	72
4.3. DETERMINACIÓN DE LA DOSIFICACIÓN DE HIPOCLORITO DE CALCIO ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$)	75
4.4. DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA EN EL TRATAMIENTO	78

CONCLUSIONES	80
RECOMENDACIONES	83
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	84
ANEXOS	87
ANEXO 01: TANQUE IMHOFF.....	87
ANEXO 02: TABLA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.	92
ANEXO 03: DETERMINACIÓN DE LA DOSIFICACIÓN ÓPTIMA DE LAS BACTERIAS DEGRADADORAS Y EL TIEMPO RESIDENCIA.	92
ANEXO 04: DETERMINACIÓN DE LA DOSIFICACIÓN OPTIMA DEL Ca (ClO)₂ Y EL TIEMPO RESIDENCIA.....	93
ANEXO 05: RESULTADO DE LOS EXAMENES DE LABORATORIO – 2016.....	94
ANEXO 06: RESULTADO DE LOS EXAMENES DE LABORATORIO – 2017.....	96

INTRODUCCIÓN

“El acceso al agua potable es una necesidad humana fundamental, y por lo tanto, un derecho humano básico. El agua contaminada pone en peligro la salud física y social de todas las personas. Es una afrenta a la dignidad humana.” (Kofi Annan, secretario general de Naciones Unidas, 2003).

La contaminación del agua es dada por diversas actividades antropogénicas, incluyendo las del sector industrial, agrícola y residencial, alterando el ciclo regular del agua durante años y cada vez en mayores cantidades. Esto significa que la naturaleza provee de agua y se devuelve en su mayoría contaminada.

Esta contaminación viene afectando de una u otra manera al hombre y su medio ambiente, precisándose luchar contra ella para recuperar el equilibrio necesario. Para Metcalf & Eddy (1996) el agua se considera contaminada cuando su composición o estado no reúne las condiciones requeridas para los usos a los que se hubiera destinado en su estado natural. Para el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA, 2014), las aguas residuales son aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado. Bárbara Ho (2002), destaca que la composición de las aguas residuales cambia de un lugar a otro, en función de las condiciones socioeconómicas de la población, el clima y otros factores típicos de cada localidad. Todas las aguas residuales tienen diferentes características, unas tienen mayor carga orgánica que otras, pero todas se tratan por oxidación. Por otra parte cabe mencionar que los olores generados por las aguas residuales son causados por gases como el nitrógeno (N_2), el oxígeno (O_2), el dióxido de carbono (CO_2); su presencia es común en la atmósfera y se encuentran en todas las aguas en contacto con la misma, el sulfuro de hidrógeno (H_2S), el amoníaco (NH_3), y el metano (CH_4) formados en el proceso de descomposición anaerobia.

De esta manera surge el concepto de depuración o tratamiento de aguas residuales, a fin de minimizar el impacto que puedan causar en nuestro medio ambiente las constantes emanaciones y descargas producidas en él.

Este tratamiento consiste en la eliminación de microorganismos patógenos (virus y bacterias), sustancias tóxicas y de retención de sólidos, evitando que lleguen a las corrientes naturales que puedan servir de fuente de abastecimiento a otras comunidades, mitigando el efecto de tal contaminación para el restablecimiento de la biota (flora y fauna acuática). Estos tratamientos son: tratamiento primario, secundario y terciario.

Montero, es un distrito ubicado en la sierra piurana, en el que se observa claramente este problema, pues este distrito cuenta con un tanque Imhoff el cual realiza un tratamiento primario de las aguas residuales que no es suficiente, pues aunque se logren separar los sólidos del agua, aún está provista de malos olores, cuerpos extraños, etc., devolviéndose el agua tratada a la quebrada Sicacate, existiendo contaminación de esta quebrada y convirtiéndose por ende en un riesgo latente de generación de enfermedades.

Dada la problemática ambiental que se presenta, el trabajo abordado busca disminuir la contaminación de la quebrada Sicacate mediante el tratamiento de aguas residuales salientes (efluente) del tanque Imhoff usando bacterias degradadoras e hipoclorito de calcio para disminuir la concentración de materia orgánica y bacterias en el efluente.

CAPÍTULO I: ASPECTOS DE LA PROBLEMÁTICA

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.

El distrito de Montero, según el censo realizado por el INEI en el año 2007, cuenta con aproximadamente 1972 viviendas y 7337 habitantes.

En Montero se ha implementado el sistema de alcantarillado que transportan las aguas residuales y éstas se depositan en el tanque Imhoff recibiendo un tratamiento primario que no es suficiente, pues aunque se logren separar los sólidos del agua, aún está provista de malos olores, cuerpos extraños, etc.; y al no contar con un tratamiento adicional, las aguas resultantes desembocan a la quebrada y sobre todo en la época de verano, cuando hay escasez de agua por lluvias, se aprecia la calidad del agua que se obtiene del tanque Imhoff, la cual tiene un color oscuro, olor fuerte e incluso se nota los sólidos que hay en el agua a pesar de haber sido tratada. Estas aguas con bajo tratamiento son vertidas en la quebrada y, al seguir su cauce natural, son utilizadas por pobladores de los diferentes caseríos a los alrededores de Montero para su siembra y/o actividades básicas entre otras, siendo un problema debido a la existencia de una contaminación del agua que es un riesgo latente de enfermedades a los moradores.

Para evitar este tipo de riesgos a futuro es necesario aplicar un tratamiento secundario de las aguas provenientes del tanque Imhoff, utilizando bacterias degradadoras e hipoclorito de Calcio: $\text{Ca}(\text{ClO})_2$, para mejorar la calidad del agua y así poder reducir la contaminación en la quebrada Sicacate, contribuyendo al bienestar del distrito de Montero y sus caseríos aledaños que se alimentan de esta quebrada.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Pregunta general

¿En qué medida disminuye la contaminación con el tratamiento de aguas residuales saliente del tanque Imhoff en la quebrada Sicacate del distrito de Montero?

1.2.2. Preguntas específicas

1. ¿Qué características presentan las aguas residuales que se reciben?
2. ¿En cuánto disminuye la cantidad de materia orgánica en el agua residual saliente del tanque Imhoff cuando se tratan con una dosificación adecuada de las bacterias degradadoras?
3. ¿En cuánto disminuye la cantidad de bacterias en el agua residual saliente del tanque Imhoff cuando se tratan con una dosificación adecuada de hipoclorito de calcio?
4. ¿En cuánto mejora la eficiencia del tratamiento de las aguas residuales salientes del tanque Imhoff?

1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.

El tratamiento realizado por el tanque Imhoff es un tratamiento primario. El agua resultante vertida en la quebrada Sicacate, es insuficiente para asegurar el bienestar de la población urbana y aledaña que utiliza el agua de la quebrada para diferentes actividades. Con esta mala manipulación de las aguas residuales, la salud pública y el medio ambiente están en peligro, ya que se generarían epidemias como: dengue, diarrea (causa principal de la muerte infantil), hepatitis A, malaria, fiebre tifoidea, poliomielitis, ascariasis (ataca la piel), cólera, etc. Todo esto se da por la presencia de patógenos como: Coliformes fecales y totales, *Escherichia coli*, huevos de helmintos, etc.; en los suministros de agua debido a su mala desinfección. Dado que no se puede realizar un tratamiento avanzado por la localización del área de estudio, con el tratamiento que se propone se busca disminuir la concentración de materia orgánica y bacterias en las aguas residuales saliente del tanque Imhoff y mostrar una alternativa de complementariedad al tratamiento actual realizado por dicho tanque.

Al ser Sicacate una quebrada que abastece de agua a Montero y sus caseríos aledaños es importante la búsqueda de métodos, vías y formas de poder tratar estas aguas resultantes para disminuir la contaminación en la misma. Por tanto se debe tratar las aguas residuales salientes del tanque Imhoff para lograr disminuir su contaminación, por lo cual se busca, a través del uso del hipoclorito de Calcio ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$) y bacterias degradadoras, reducir los sólidos, olores, color, etc., presentes en las aguas resultantes del tanque Imhoff, preservando el agua, y buscando un equilibrio basado en la concientización sobre la escasez de este recurso hídrico, el cual es más escaso cada día.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Disminuir la contaminación de la quebrada Sicacate mediante el tratamiento de aguas residuales del tanque Imhoff del distrito de Montero.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar las características de las aguas residuales que se reciben en el tanque Imhoff.
- Determinar la dosificación de bacterias degradadoras óptima para disminuir la concentración de materia orgánica en el agua residual saliente del tanque Imhoff.
- Determinar la dosificación de hipoclorito de Calcio: $\text{Ca}(\text{ClO})_2$, óptima para disminuir la concentración de bacterias en el agua residual saliente del tanque Imhoff.
- Determinar la eficiencia del tratamiento de las aguas residuales.

1.5. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

La investigación se realizó entre los meses de julio y octubre del año 2016 y en

agosto del 2017; tomando muestras del afluente y efluente del tanque Imhoff, que se encuentra ubicado en el distrito de Montero, Provincia de Ayabaca, departamento de Piura.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Adán (2002) realizó la investigación “*Clostridium Perfringens* como indicador microbiológico en aguas residuales”, desarrollado para obtener el grado de Maestra en Ciencias en Recursos Naturales en el Instituto Tecnológico de Sonora; tiene por objetivo evaluar el *Clostridium Perfringens* como indicador de contaminación microbiológico después del proceso de desinfección en aguas residuales y determinar la relación que hay entre Coliformes totales y *Escherichia coli*, obteniendo como resultado que la presencia de Coliformes totales y *Escherichia coli* son sensibles a los tratamientos biológicos y que incluyen desinfección, ya que presentaron una remoción del 97% y 99% respectivamente, mientras que la presencia de *Clostridium Perfringens* presentó remoción del 33% mostrando su supervivencia y resistencia a condiciones adversas al medio ambiente, son mayores que al grupo Coliformes. Se consideró la toma de esta investigación porque se enfoca en los microorganismos presentes en las aguas residuales antes y después de haber sido tratadas, mostrando ciertas pautas e información relevante para poder analizar y evaluar la presencia de estos en las aguas residuales tratadas.

Cabrera & Pulla (2014) realizaron la investigación “Línea base para el aprovechamiento de microalgas de sistemas de tratamiento de agua residual”, desarrollado para obtener el título de Ingeniero Civil en la Universidad de Cuenca, Ecuador, cuyo objetivo fue diseñar un procedimiento experimental para la obtención de los parámetros biocinéticos más importantes de las micro algas de sistemas de tratamiento de agua residual mediante respirometría y gravimetría y analizar condiciones ambientales para el óptimo crecimiento de las micro algas, obteniendo como resultado la efectividad de la remoción de nutrientes de las micro algas, verificando la gran capacidad de estas para incorporar en su composición celular nitrógeno y fósforo durante su acelerado crecimiento;

por lo que su cultivo en aguas residuales domésticas, normalmente ricas en nutrientes, además de cumplir una función depuradora, constituye una práctica altamente viable y energéticamente sustentable. Se consideró la toma de esta investigación porque muestra un procedimiento de incubación y desarrollo de micro algas para la depuración y tratamiento de las aguas residuales domésticas, mostrando ciertas pautas e información relevante para poder analizar y evaluar la presencia de estos en las aguas residuales tratadas.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Visitación (2004) realizó la investigación “Degradación fotocatalítica de detergentes en efluentes domésticos”, desarrollado para obtener el grado de magister en química en la Pontificia Universidad Católica del Perú; esta tiene por objetivo implementar un método de tratamiento de efluentes domésticos que permita degradar las moléculas del agente tensoactivo de los detergentes hasta su mineralización o reducción a compuestos menos contaminantes, obteniendo como resultado que la degradación de la molécula LAS (alquilbencen sulfonato de sodio lineal) en las muestras preparadas y en las muestras reales es realizada de forma satisfactoria, observándose una disminución en la toxicidad de las muestras, concluyendo que el método fotocatalítico $\text{H}_2\text{O}_2/\text{TiO}_2/\text{UV}$ es adecuado para la mineralización del agente tensoactivo en muestras de detergentes. Se consideró la toma de esta investigación porque se enfoca en los parámetros de degradación tal y como son el pH, el DQO, la concentración de CO_2 , siendo estos indicadores indispensables en esta investigación.

Arce (2013), presentó su investigación denominada “Urbanizaciones sostenibles: descentralización del tratamiento de aguas residuales residenciales”; desarrollado para obtener el título de Ingeniero Civil en la Pontificia Universidad Católica del Perú; esta tiene por objetivo plantear una alternativa de solución para el saneamiento nacional, teniendo como base experiencias exitosas en otras partes del mundo, proponiendo la utilización de biorreactores de membrana y tecnología coreana. Se da un alcance de la situación real de Perú en el tema de saneamiento, planteándose vías para la reutilización de agua y se buscarán mediante una estructura de investigación alternativas de soluciones viables y rentables. La investigación concluye en que el pre- tratamiento primario no es la solución más adecuada, por consiguiente no sólo se busca solucionar los problemas

relacionados al manejo de aguas residuales, si no también generar una cultura de saneamiento. Se tomó esta investigación porque nos presenta diferentes alternativas tecnológicas existentes para el tratamiento de aguas residuales que pueden ser utilizadas.

Guerra (2012), presentó su investigación denominada “Utilización de tecnología innovadora biodegradable 100% ecológica con productos bioquímicos – enzimáticos para tratamiento de agua residuales utilizables para el riego de parques I jardines en el distrito de Miraflores”. Investigación desarrollada en Empresa Inmobiliaria Altozano SAC. El autor propone en la investigación la utilización de tecnología biodegradable con productos químicos para tratamiento de agua residual, para lo cual se han realizado distintos estudios para determinar cuáles son los inconvenientes que presentan en el tratamiento de las aguas residuales. Se considera conveniente la toma de esta investigación como antecedente debido a que establece una tecnología biodegradable para el tratamiento de agua residual.

2.1.3. Antecedentes Local

Espinoza (2010), presento su investigación “Planta de tratamiento de aguas residuales en San Juan de Miraflores”, desarrollado para obtener el grado de master en Gestión y Auditorías Ambientales en la Universidad de Piura. Esta tiene por objetivo diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales, que remplace a las lagunas de estabilización existentes, utilizando el área disponible actual, para su posterior reúso en el distrito de Villa el Salvador, permitiendo así reducir la contaminación por desagües del océano Pacífico en la bahía de Miraflores y mejorar la salud de la población. En esta investigación se realiza un análisis de los tipos de tratamiento de aguas residuales y se escogió el sistema de tratamiento de lagunas aireadas con lagunas facultativas de acabado, siendo un método intermedio entre los sistemas lagunares y los sistemas avanzados, produciendo un efluente de las lagunas facultativas con una DBO inferior a 30 ml/L, con la ventaja de una disminución drástica de olores al suministrar oxígeno en la primera etapa del tratamiento, no dependiendo de factores naturales (luz solar, fotosíntesis, viento), además este tipo de tratamiento produce muy poco lodo, y el lodo producido es digerido en la misma laguna, por lo que requiere solamente de un área no muy extensa para disponerlos directamente, también por poseer un alto periodo de retención (de 6 a 10 días), pueden asimilar sobrecargas hidráulicas y orgánicas sin afectar sustancialmente su eficiencia. Se escogió esta investigación ya que muestra un análisis de los diferentes tipos

de tratamiento de aguas residuales mostrando su funcionamiento, sus ventajas y desventajas de cada uno.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Aguas residuales

Según OEFA (2014) las aguas residuales son aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado.

El proceso de autodepuración es inherente a los cuerpos del agua, ocurre gracias a la presencia de diversos microorganismos como bacterias y algas, que descomponen los desechos, metabolizándolos y transformándolos en sustancias simples tales como dióxido de carbono, nitrógeno, entre otros; además de ciertos microorganismos que absorben algunas sustancias inorgánicas.

Es por eso que, al arrojar sustancias extrañas a los cuerpos del agua, si estas se encuentran dentro de ciertas concentraciones límites, se inicia el proceso de autodepuración. Este proceso se aplica a sustancias orgánicas como detergentes, fenoles, ciertas sustancias inorgánicas, entre otros. De lo contrario, si son vertidos que pasan las concentraciones límites para que el cuerpo del agua inicie el proceso de autodepuración natural, es necesario un tratamiento.

2.2.2. Composición del Agua Residual

El agua residual se define como el agua usada por el ser humano y que generalmente son vertidos a cuerpos de agua continental o marina. Según la Norma Oficial Mexicana Nom-001- ECOL-1996, sobre las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, se define a las aguas residuales como las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios, domésticos, en general de cualquier uso.

Metcalf y Eddy (1996), define la composición de las aguas residuales de una comunidad, en los siguientes puntos:

- Agua residual doméstica o sanitaria: procedentes de zonas residenciales o instalaciones comerciales, públicas y similares. El uso doméstico comprende el agua abastecida a zonas residenciales, comercios, instituciones y espacios de recreación. Los usos a los que se destinan incluyen el agua que se bebe, la usada para la limpieza, higiene, fines culinarios, evacuaciones de residuos, y regado de jardines y zonas verdes particulares.
- Agua residual industrial: agua residual en la cual predominan vertidos industriales y la composición dependerá del proceso de producción de alimentos y bebidas, cada una eliminará diferentes sustancias, así como la concentración de los componentes eliminados. Las aguas residuales industriales, generalmente no son vertidas con las de uso doméstico y en lo posible son tratadas en el mismo lugar de la industria o son viadas a una planta tratadora exclusiva para las industrias.
- Infiltración y aportaciones incontroladas: son aguas que entran tanto de manera directa como indirecta en la red de alcantarillado. La infiltración hace referencia al agua que penetra en el sistema a través de juntas defectuosas, fracturas y grietas o paredes porosas. Las aportaciones incontroladas corresponden a aguas pluviales que se descargan a la red por medio de alcantarillas pluviales, drenes de cimentaciones, bajantes de edificios y tapas de pozo de registro.
- Aguas pluviales: aguas resultantes de la escorrentía superficial.

Las aguas residuales consisten principalmente de agua, sólidos disueltos y sólidos suspendidos. La cantidad de sólidos es casi siempre menos del 0.1 % en peso. Pero la fracción que representa mayor problema para su tratamiento y disposición. El agua provee solamente el volumen y es vehículo para transporte de sólidos, que pueden estar disueltos, suspendidos o flotando.

Las aguas residuales en su estado inicial no producen olores desagradables debido a que existe oxígeno disuelto en el agua que permite la descomposición aeróbica. Una vez que el oxígeno disuelto se agota, las aguas residuales entran en descomposición anaeróbica, donde los sólidos producen ácido sulfhídrico y otros gases de olor fétido; así también existen sólidos en suspensión que da al agua un color negruzco. En el cuadro N°01, se muestra la composición típica del agua residual domestica bruta.

CUADRO N° 01: COMPOSICIÓN TÍPICA DEL AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA BRUTA.

COMPONENTES	ALTA	MEDIA	BAJA
MATERIA SÓLIDA, (mg/l)	1200	720	350
1. Disuelta total	850	500	250
Inorgánica, (mg/l)	525	300	145
Orgánica, (mg/l)	325	200	105
2. En suspensión	350	220	100
Inorgánica, (mg/l)	75	55	20
Orgánica, (mg/l)	275	165	80
SÓLIDOS SEDIMENTABLES (mg/l)	20	10	5
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (DBO5) a 20°C, (mg/l)	400	220	110
CARBONO ORGÁNICO TOTAL, (mg/l)	290	160	80
DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (DQO) , (mg/l)	1000	500	250
NITRÓGENO (mg/l)	85	40	20
Orgánico	35	15	8
Amoníaco	50	25	12
Nitritos	0	0	0
Nitratos	0	0	0
FÓSFORO, (mg/l)	15	8	4
Orgánico	5	3	1
Inorgánico	10	5	3
CLORUROS	100	50	30

COMPONENTES	ALTA	MEDIA	BAJA
ALCALINIDAD, (mg/l)	200	100	5
GRASA, (mg/l)	150	100	5
NOTA: (mg / L) = miligramos por litro			

FUENTE: Metcalf y Eddy, 1996

La actividad biológica en las aguas residuales produce muchos cambios en la composición química de los sólidos. Estos cambios bioquímicos no solo indican las actividades de los microorganismos, sino también el grado de descomposición de los sólidos y por ende la eficacia de cualquier proceso de tratamiento en particular.

El oxígeno disuelto es muy importante en los cambios bioquímicos, ya que cuando está presente en las aguas residuales o cuando se agrega a ellas por dispositivos de tratamiento, permite el desarrollo de las actividades de los microorganismos aeróbicos y con ello el progreso de la descomposición, sin dar lugar a putrefacciones.

2.2.3. Características de las Aguas Residuales Domesticas

Las propiedades físicas y los componentes químicos y biológicos del agua residual son parámetros importantes para un proyecto, instalación y mantenimiento de una planta tratadora de aguas residuales. La composición de un agua residual viene definida por las cantidades reales de los componentes físicos, químicos y biológicos presentes en ella.

La composición tanto del agua residual sin tratar (afluente) como tratada (efluente), depende de la composición del agua de abastecimiento público, del número y tipo de establecimientos comerciales, institucionales e industriales y de la naturaleza de la población residente. Por ello, la composición del agua residual muestra con frecuencia un amplio margen de variación entre diferentes poblaciones, debido a las diferentes actividades económicas, al tamaño de la población (Pettygrove y Asano, 1990).

El cuadro N°02 muestra las principales propiedades físicas del agua así como sus principales constituyentes químicos y biológicos. Es conveniente observar que muchos de los parámetros que aparecen en la cuadro están relacionados entre ellos.

CUADRO N° 02: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL Y SUS PROCEDENCIAS.

Características	Procedencia
Propiedades físicas	
Color	Aguas residuales domésticas e industriales, degradación natural de materia orgánica.
Olor	Agua residual en descomposición, residuos industriales.
Sólidos	Agua de suministro; aguas residuales domésticas, e industriales, erosión del suelo, infiltración y conexiones incontroladas.
Temperatura	Aguas residuales domésticas e industriales.
Constituyentes químicos	
Orgánicos:	
Carbohidratos	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Grasas animales, aceites y grasa	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Pesticidas	Residuos agrícolas.
Fenoles	Vertidos industriales.
Proteínas	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Contaminantes prioritarios	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Agentes tenso activos	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Compuestos orgánicos volátiles	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Otros	Degradación natural de materia orgánica.
Inorgánicos	
Alcalinidad	Aguas residuales domésticas, agua de suministro, infiltración de agua subterránea.
Cloruros	Aguas residuales domésticas, agua de suministro, infiltración de agua subterránea.
Metales pesados	Vertidos industriales.
Nitrógeno	Residuos agrícolas y aguas residuales domésticas.
PH	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Fósforo	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales; aguas de escorrentía.
Contaminantes prioritarios	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Azufre	Agua de suministro; aguas residuales domésticas, comerciales e industriales
Gases:	
Sulfuro de hidrógeno	Descomposición de residuos domésticos
Metano	Descomposición de residuos domésticos
Oxígeno	Agua de suministro; infiltración de agua superficial.
Constituyentes biológicos:	
Animales	Cursos de agua y plantas de tratamiento.
Plantas	Cursos de agua y plantas de tratamiento.
Protistas	
Eubacterias	Aguas residuales domésticas, infiltración de agua superficial, plantas de tratamiento.
Arqueobacterias	Aguas residuales domésticas, infiltración de agua superficial, plantas de tratamiento.
Virus	Aguas residuales domésticas.

FUENTE: Metcalf y Eddy, 1996

2.2.4. Indicadores

- **Indicadores Físicos.**

Las características físicas más importantes del agua residual son el contenido total de sólidos, término que engloba la materia en suspensión, la materia sedimentable, la materia coloidal y la materia disuelta. Otras características importantes son el olor, la temperatura, la densidad, el color y la turbiedad. (Metcalf y Eddy, 1996).

El color y olor sirven como indicadores del grado de contaminación por residuos y su presencia en aguas residuales es signo de un pre- tratamiento inadecuado antes de la descarga.

El agua residual contiene una variedad de materiales sólidos que varían desde hilachas hasta materiales coloidales. En la caracterización de las aguas residuales, los materiales gruesos son removidos generalmente antes de analizar sólidos en la muestra. Existen tres tipos de sólidos que se pueden cuantificar en las aguas residuales entre estos están: Los sólidos totales que representan la suma de los SDT (Sólidos Disueltos Totales) y SST (Sólidos Suspendidos Totales), además estos poseen fracciones de sólidos fijos y sólidos volátiles, que pueden ser sedimentables y no sedimentables. Generalmente cerca del 60% del total de sólidos suspendidos en aguas residuales son sedimentables.

La prueba de SST son usados comúnmente como una medida de desempeño de las unidades de tratamiento y con propósitos de control, pues los sólidos sedimentables son aquellos que ocasionan la formación de bancos de lodos que producen olores desagradables.

En el cuadro N°4, se muestra algunos de los contaminantes de importancia en el tratamiento del agua residual.

CUADRO N° 03: CONTAMINANTES DE IMPORTANCIA EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL.

CONTAMINANTES	RAZÓN DE LA IMPORTANCIA
---------------	-------------------------

Sólidos en suspensión	Los sólidos en suspensión pueden dar lugar al desarrollo de depósitos de fango y de condiciones anaeróbicas cuando se vierte agua residual sin tratar al entorno acuático.
Materia orgánica biodegradable	Compuesta principalmente por proteínas, carbohidratos, grasas animales. La materia orgánica biodegradable se mide, en la mayoría de las ocasiones, en función de la DBO (demanda bioquímica de oxígeno) y de la DQO (demanda química de oxígeno). Si se descarga al entorno sin tratar su estabilización biológica puede llevar en el agotamiento de los recursos naturales de oxígeno y al desarrollo de condiciones sépticas.
Patógenos	Pueden transmitirse enfermedades contagiosas por medio de los organismos patógenos presentes en el agua residual.
Nutrientes	Tanto el nitrógeno como el fósforo, junto con el carbono, son nutrientes esenciales para el crecimiento. Cuando se vierten en el entorno acuático, estos nutrientes favorecen el crecimiento de una vida acuática no deseada. Cuando se vierten al terreno en cantidades excesivas, también puede provocar la contaminación del agua subterránea.
Contaminantes prioritarios.	Son compuestos orgánicos o inorgánicos determinados en base a su carcinogenicidad, mutagenicidad, teratogenicidad o toxicidad aguda conocida o sospechosa. Muchos de estos compuestos se hallan presentes en el agua residual
Materia orgánica refractaria	Esta materia orgánica tiende a resistir los métodos convencionales de tratamiento. Ejemplos típicos son los agentes tensoactivos, los fenoles y los pesticidas agrícolas.
Metales pesados	Los metales pesados son, frecuentemente, añadidos al agua residual en el curso de ciertas actividades comerciales e industriales, y puede ser necesario eliminarlos si se pretende reutilizar el agua residual.
Sólidos inorgánicos	Los constituyentes inorgánicos tales como el calcio, sodio y los sulfatos se añaden al agua de suministro como consecuencia del uso del agua, y es posible que se deban eliminar si se va a reutilizar el agua residual.

FUENTE: Metcalf y Eddy, 1996

La turbidez es un parámetro utilizado habitualmente en aguas naturales como indicador de la presencia de sólidos, especialmente coloidales. En este caso, lo que se mide

es la extensión con la que un rayo de luz es reflejado a su paso por el agua, con un ángulo de 90° . La extensión se encuentra relacionada con la cantidad de materia en suspensión. Esta relación no es estrictamente lineal, ya que el proceso de dispersión de la luz se encuentra influenciado tanto por el tamaño como por las características superficiales de la materia presente. Así, una burbuja que en un agua cristalina no provocaría turbidez, sí puede incrementarla si se encuentra insertada en un conjunto de partículas coloidales, aunque su presencia no haya alterado la cantidad de sólidos en suspensión.

La fuente principal de turbidez en las aguas naturales procede de la erosión y transporte de materia coloidal (arcilla, fragmentos de roca, sustancias del lecho, etc.) por parte de los ríos en su recorrido. Otra parte procede de las aportaciones de fibras vegetales que son arrastradas por el río, así como de los microorganismos que viven en su seno. Finalmente, el tercer bloque procede de las aguas residuales (domésticas y/o industriales) que puede recibir. Así, por ejemplo, la presencia de jabones puede provocar una turbidez apreciable.

La temperatura del agua tiene una gran importancia en el desarrollo de los diversos procesos que en ella se realizan. Un aumento de temperatura modifica la solubilidad (aumentando la de sólidos disueltos y disminuyendo la de los gases, de forma general) y duplica la actividad biológica aproximadamente cada diez grados, (aunque superando un cierto valor característico de cada especie tiene efectos letales para los organismos). En los efluentes urbanos oscila entre 15° y 20°C , lo que facilita el desarrollo de los microorganismos existentes.

- **Indicadores Químicos**

El término pH es usado universalmente para determinar si una solución es ácida o básica, es la forma de medir la concentración de iones hidrógeno en una disolución. La escala de pH contiene una serie de números que varían de 0 a 14, esos valores miden el grado de acidez o basicidad de una solución. Los valores inferiores a 7 y próximos a cero indican aumento acidez, los que son mayores de 7 y próximos a 14 indican aumento de basicidad, mientras que cuando el valor es 7 indican neutralidad. Para García (2012), el pH óptimo de las aguas debe estar entre 6.5 y

8.5 es decir, entre neutra y ligeramente alcalina, el máximo aceptado es 9 donde relativamente existe la mayor parte de la vida biológica. Las aguas residuales con valores de pH menores a 5 y superiores a 9 son de difícil tratamiento mediante procesos biológicos, si el pH del agua residual tratada no es ajustado antes de ser vertido, el pH de la fuente receptora puede ser alterado; por ello, la mayoría de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales deben ser descargados dentro de límites específicos de pH.

El oxígeno disuelto es fundamental para la respiración de los organismos aerobios presentes en el agua residual. El control de este gas a lo largo del tiempo, aporta una serie de datos fundamentales para el conocimiento del estado del agua residual. La cantidad presente en el agua depende de muchos factores, principalmente relacionados con la temperatura y actividades químicas y biológicas, entre otros. El valor máximo de oxígeno disuelto varía con la temperatura. La concentración habitual es de aproximadamente 9 mg/l, considerándose que por debajo de 4 mg/l el agua no es apta para desarrollar vida aeróbica en su seno.

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es la cantidad de oxígeno necesaria para que, los microorganismos aerobios puedan oxidar metabólicamente la materia orgánica presente en la muestra de agua. Se determina por diferencia entre el oxígeno disuelto en la muestra inicial y el medido en función del tiempo de incubación.

La demanda química de oxígeno (DQO), mide la cantidad de oxígeno (mg O₂/l) necesaria para oxidar los componentes del agua recurriendo a reacciones químicas. Se determina añadiendo una cantidad perfectamente pesada de dicromato potásico (K₂ Cr₂ O₇) a un volumen conocido de la muestra, acidulando el medio. El dicromato sobrante se evalúa mediante un agente reductor. La DQO es igual a la cantidad de dicromato consumido, expresado como mg/l de oxígeno presente en la disolución.

La proporción entre la DBO₅ (demanda bioquímica de oxígeno en una prueba de 5 días) y la DQO es un indicador del tratamiento biológico. Según Fresenius et al. (Citado por García, 2012), los valores de la relación DBO₅ / DQO en aguas residuales municipales no tratados oscilan entre 0.3 y 0.8. Generalmente, los procesos de descomposición biológica comienzan y ocurren de manera rápida con proporciones de

DBO₅: DQO de 0.5 o mayor. Las proporciones entre 0.2 y 0.5 son susceptibles al tratamiento biológico; sin embargo, la descomposición puede ocurrir de manera más lenta debido a que los microorganismos degradantes necesitan aclimatarse a las aguas residuales. Si esta relación es menor de 0.3, el residuo puede contener constituyentes tóxicos o se pueden requerir microorganismos aclimatados para su estabilización.

El carbono orgánico total indica la cantidad total de carbono orgánico presente en una muestra, expresándolo en mg/l. En la actualidad existen equipos comerciales que proporcionan simultáneamente el contenido total de carbono orgánico, junto al inorgánico y CO₂ disuelto, como valores independientes. Es un método instrumental, basado en la combustión total del carbono a CO₂ en presencia si es necesario de catalizadores, y la posterior determinación de CO₂ por espectroscopia infrarroja.

- **Indicadores Biológicos**

Las características biológicas de las aguas residuales son de fundamental importancia en el control de enfermedades causadas por organismos patógenos de origen humano y por el papel activo y fundamental de las bacterias y otros microorganismos dentro de la descomposición y estabilización de la materia orgánica, bien sea en el medio natural o en plantas de tratamiento de aguas residuales.

Se basan en la presencia de especies relacionadas con los niveles de contaminación (organismos indicadores). Son especies fáciles de aislar y cultivar en laboratorio, inocuos para el hombre y los animales, con relación cualitativa y cuantitativa con otros patógenos. La presencia de indicadores no implica la existencia de patógenos, indica probabilidad. Estas especies son:

Coliformes totales: El grupo Coliformes se define como todas las bacterias *Gram Negativas* en forma bacilar que fermentan la lactosa en cultivos a temperatura de 35°C a 37°C, produciendo ácido y gas (CO₂) en 24 horas. Entre ellos se encuentran la *Escherichia Coli*, *Citrobacter*, *Enterobacter* y *Klebsiella*. (Organización Panamericana de la Salud, 1987).

Coliformes fecales: Los Coliformes fecales (termo resistentes) o termotolerantes, se definen como el grupo de organismos Coliformes que pueden fermentar la lactosa a 44°- 45°C, comprenden un grupo muy reducido de microorganismos los cuales son indicadores de calidad, ya que son de origen fecal, en su mayoría están representados por el microorganismo el género *Escherichia Coli* y en menor grado, especies de *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter* (Easton, 1998). Los Coliformes fecales integran el grupo de los Coliformes totales, pero se diferencian de los demás microorganismos que hacen parte de este grupo, en que son indol positivo, su rango de temperatura óptima de crecimiento es muy amplio (hasta 45°C) y son mejores indicadores de higiene en alimentos y en aguas, la presencia de estos indica presencia de contaminación fecal de origen humano o animal, ya que las heces contienen dichos microorganismos, presentes en la flora intestinal y de ellos un 90% y un 100% son *E. coli* mientras que en aguas residuales y muestras de agua contaminadas este porcentaje disminuye hasta un 59%. (Gómez et al, 1999).

El grupo de microorganismos Coliformes es adecuado como indicador de contaminación bacteriana ya que los Coliformes:

- Son contaminantes comunes del tracto gastrointestinal tanto del hombre como de los animales de sangre caliente.
- Están presentes en el tracto gastrointestinal en grandes cantidades.
- Permanecen por más tiempo en el agua que las bacterias patógenas.
- Se comportan de igual manera que los patógenos en los sistemas de desinfección.

Los *Coliformes fecales* y *Escherichia Coli* en particular, se han seleccionado como indicadores de contaminación fecal debido a su relación con el grupo tifoide-paratifoide y a su alta concentración en diferentes tipos de muestras. (Campos C., 1999).

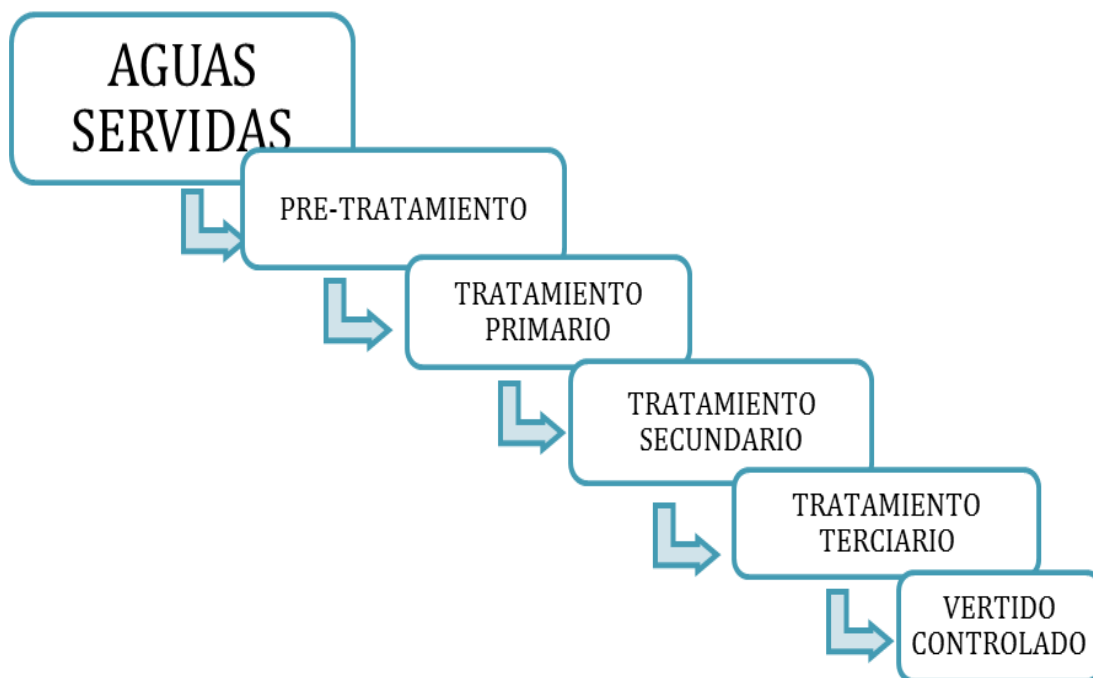
2.2.5. Tratamiento de las Aguas Residuales

Según OEFA (2014) las aguas residuales son aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado.

El proceso usual del tratamiento de aguas residuales domesticas puede dividirse en las siguientes etapas: Pre-tratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario (FONAM, 2010). En la figura N°1, se muestra la secuencia completa en el tratamiento de las aguas residuales domésticas.

Asimismo, en el tratamiento de aguas servidas, es importante tener en cuenta el manejo de los lodos provenientes de los tratamientos primario y secundario. Estos lodos, no tienen valor económico, pero si ocasionan daños al medio ambiente.

FIGURA N° 01: SECUENCIA COMPLETA DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS



FUENTE: Elaboración Propia

Para estabilizar estos lodos, es decir, destruir las bacterias patógenas y volverlos inocuos al medio ambiente, el lodo se concentra por sedimentación y

coagulación floculación durante el tratamiento secundario. Este lodo, así concentrado, se puede tratar con Cal (CaO) como bactericida y eliminar el agua mediante exposición al sol, filtros de arena, filtros al vacío o centrifuga. Sin embargo, éstas técnicas poseen costos elevados y problemas técnicos.

El lodo deshidratado puede disponerse en vertederos, incinerarlo, o lo más deseable, usarlo como fertilizante y acondicionador del suelo, aunque su composición limita este empleo.

2.2.5.1. Pre-tratamiento

Esta etapa no afecta a la materia orgánica contenida en el agua residual, se pretende con el pre-tratamiento la eliminación de materias gruesas, cuerpos gruesos y arenosos cuya presencia en el efluente perturbaría el tratamiento total y el funcionamiento eficiente de las maquinas, equipos e instalaciones de la estación depuradora.

En el pre-tratamiento se efectúa un desbaste (rejas) para la eliminación de las sustancias de tamaño excesivo y un tamizado para eliminar las partículas en suspensión. Un desarenado, para eliminar las arenas y sustancias sólidas densas en suspensión y un desengrasado para eliminar los aceites presentes en el agua residual así como elementos flotantes.

2.2.5.1.1. Desbaste

Esta operación consiste en hacer pasar el agua residual a través de una reja. De esta forma, el desbaste se clasifica según la separación entre los barrotes de la reja en:

- ✓ Desbaste fino: con separación libre entre barrotes de 10-25 mm.
- ✓ Desbaste grueso: con separación libre entre barrotes de 50-100 mm.

En cuanto a los barrotes, estos han de tener unos espesores mínimos según sea:

- ✓ Reja de gruesos: entre 12-25 mm.
- ✓ Reja de finos: entre 16-12 mm.

También tenemos que distinguir entre los tipos de limpieza de reja igual para finos que para gruesos: rejas limpieza manual, rejas limpieza automática.

2.2.5.1.2. Tamizado

Consiste en una filtración sobre soporte delgado, y sus objetivos son los mismos que se pretenden con el desbaste, es decir, la eliminación de materia que por su tamaño pueda inferir en los tratamientos posteriores. Los tamices se incluirán en el pre-tratamiento de una estación depuradora cuando las aguas residuales brutas llevan cantidades excepcionales de sólidos en suspensión, flotantes o residuos. Según las dimensiones de los orificios de paso de tamiz, se distingue entre:

1. Macro-tamizado: Se hace sobre chapa perforada o enrejado metálico con paso superior a 0.2 mm. Se utilizan para retener materias en suspensión, flotantes o semiflotantes, residuos vegetales o animales, ramas, etc.
2. Micro-tamizado: hecho sobre tela metálica o plástica de malla inferior a 100 micras. Se usa para eliminar materias en suspensión muy pequeñas contenidas en el agua de abastecimiento (Plancton) o en aguas residuales pre-tratadas.

2.2.5.1.3. Desarenador

El objetivo de esta operación es eliminar todas aquellas partículas de granulometría superior a 200 micras, con el fin de evitar que se produzcan sedimentos en los canales y conducciones, para proteger las bombas y otros aparatos contra la abrasión, y para evitar sobrecargas en las fases de tratamiento siguiente.

Los desarenadores se diseñan para eliminar partículas de arenas de tamaño superior a 0,200 mm y peso específico medio 2,65, obteniéndose un porcentaje de eliminación del 90%. Si el peso específico de la arena es bastante menor de 2,65, deben usarse velocidades de sedimentación inferiores a las anteriores.

2.2.5.1.4. Desaceitado y Desengrasador

El objetivo en este paso es eliminar grasas, aceites, espumas y demás materiales flotantes más ligeros que el agua, que podrían distorsionar los procesos de tratamiento posteriores.

El desaceitado consiste en una separación líquido-líquido, mientras que el desengrase es una separación sólido-líquido. En ambos casos se eliminan mediante insuflación de aire, para desemulsionar las grasas y mejorar la flotabilidad.

Se podría hacer esta separación en los decantadores primarios al ir provistos éstos de unas rasquetas superficiales de barrido, pero cuando el volumen de grasa es importante, estas rasquetas son insuficientes y la recogida es deficitaria.

Si se hacen desengrasado y desarenado junto en un mismo recinto, es necesario crear una zona donde las grasas floten y se acumulen en la superficie, evacuándose por vertedero o por barrido superficial, y las arenas sedimenten en el fondo.

2.2.5.2. Tratamiento primario

El tratamiento primario que reciben las aguas residuales consiste principalmente en la remoción de sólidos suspendidos floculentos bien mediante sedimentación o floculación, en la neutralización de la acidez o alcalidad excesivas y en la remoción de compuestos inorgánicos mediante precipitación química. En algunos casos se puede utilizar la coagulación como auxiliar del proceso de sedimentación.

El objetivo del tratamiento primario es la remoción de sólidos orgánicos e inorgánicos sedimentables, para disminuir la carga en el tratamiento biológico. Los sólidos removidos en el proceso tienen que ser procesados antes de su disposición final. Los procesos del tratamiento primario para las aguas residuales pueden ser: tanques Imhoff, tanques de sedimentación y tanques de flotación (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 1997).

2.2.5.2.1. Sedimentación

La separación de los sólidos por gravedad se basa en la diferencia que existe entre los pesos específicos del líquido que es la fase continua y el de las partículas, las cuales constituyen la fase discreta. Para que se produzca la separación entre el líquido y los sólidos pueden seguirse dos caminos: aquellas partículas que tienen un peso específico mayor que el del agua sedimentada, y que aquellas otras con un peso específico menor que el del agua flotante. Se puede pues utilizar la sedimentación o la flotación para separar del agua residual los sólidos en suspensión presentes en ella.

Existe la sedimentación floculante o llamada también sedimentación de partículas aglomerables. Se presentan cuando la velocidad de asentamiento de las partículas aumenta a medida que descienden hacia el fondo del tanque. Los aumentos en la velocidad de sedimentación se deben a que las partículas incrementan su tamaño por acción de la floculación que ocurre en el tanque. Esta floculación puede deberse a la acción de barrido que ejercen algunas partículas, o a corrientes de densidad o turbulencia.

Asimismo, se tiene la sedimentación primaria, que es uno de los procesos más utilizados en los sistemas de tratamiento de aguas residuales, bien sea como tratamiento único, o bien como proceso de tratamiento anterior o previo al tratamiento biológico propiamente dicho. El objetivo fundamental de la sedimentación primaria es remover de las aguas residuales aquella fracción de los sólidos que es sedimentable, además de la carga orgánica asociada con dichos sólidos. La base o criterio práctico de diseño es la carga superficial, la cual usualmente se expresa en términos de $\text{m}^3/\text{día}/\text{m}^2$ o $\text{m}^3/\text{hr}/\text{m}^2$, o sea el resultado de dividir el caudal en $\text{m}^3/\text{día}$ o m^3/hr por la superficie total del tanque de sedimentación en metros cuadrados.

Se recomienda que la carga superficial de un sedimentador primario para aguas residuales domésticas no exceda el valor de $24 \text{ m}^3/\text{día}/\text{m}^2$, cuando el caudal de tratamiento es inferior a $4000 \text{ m}^3/\text{día}$. Si el caudal de aguas residuales a tratar es mucho mayor que $4000 \text{ m}^3/\text{día}$, entonces es posible utilizar cargas superficiales del orden de los $30\text{-}32 \text{ m}^3/\text{día}/\text{m}^2$ y aún mayores. (FONAM, 2010)

2.2.5.2.2. Coagulación y Floculación

Los procesos de coagulación-floculación facilitan el retiro de los sólidos suspendidos y de las partículas coloidales. Algunas veces existe la confusión entre estas dos por el hecho que frecuentemente ambas operaciones se realizan de forma simultánea. En ese sentido, se define a la coagulación como la desestabilización de la suspensión coloidal, mientras que la floculación se limita a los fenómenos de transporte de las partículas coaguladas para provocar colisiones entre ellas promoviendo su aglomeración.

Por tanto, la coagulación es la desestabilización de las partículas coloidales causadas por la adición de un reactivo químico llamado coagulante.

Históricamente, los coagulantes metálicos, sales de hierro (Fe) y aluminio (Al), han sido los más utilizados en la clarificación de aguas y eliminación de DBO y fosfatos de aguas residuales. Tienen la ventaja de actuar como coagulantes-floculantes al mismo tiempo. Sin embargo tienen el inconveniente de ser muy sensibles a un cambio de pH. Si éste no está dentro del intervalo adecuado la clarificación es pobre y pueden solubilizar Fe o Al y generar problemas. Entre los coagulantes más utilizados son: sulfato de alúmina, sulfato férrico, cloruro férrico,

La floculación es un proceso de separación de líquido-sólido utilizado para la remoción de partículas o sólidos suspendidos en las aguas residuales. Se usa principalmente para la separación de grasas, aceites, material fibroso y otros sólidos de densidad baja. Los principales componentes de un proceso de flotación son el compresor de aire, un tanque de retención donde se almacenan las aguas residuales presurizadas, una válvula reductora de presión y el tanque de flotación. El proceso puede realizarse bien inyectando el aire directamente a las aguas residuales crudas, o bien al efluente recirculado del tanque de flotación, el cual se mezcla con las aguas residuales crudas. Los floculantes más usados son los siguientes: oxidantes, adsorbentes, sílice activa,

Los factores, que pueden promover la coagulación-floculación, son el gradiente de la velocidad, el tiempo, y el pH. El tiempo y el gradiente de velocidad son importantes al

aumentar la probabilidad de que las partículas se unan. Por otra parte el pH es un factor prominente en el retiro de coloides.

2.2.5.2.3. Tanque Imhoff

El tanque Imhoff es una unidad de tratamiento primario cuya finalidad es la remoción de sólidos suspendidos. Los tanques Imhoff ofrecen ventajas para el tratamiento de aguas residuales domésticas, ya que integran la sedimentación del agua y la digestión de los lodos sedimentados en la misma unidad, por ese motivo también se llama tanques de doble cámara.

2.2.5.2.4. Digestión Primaria de Lodos

En la decantación primaria y secundaria se producen lodos primarios o secundarios. Estos lodos están compuestos por agua y partículas sólidas. El agua se encuentra agregada o como agua capilar. Las proteínas hidrófilas absorben, por otra parte, moléculas de agua. La proporción del líquido es del 95-99%.

El volumen de lodos que se produce depende del tipo de tratamiento de las aguas residuales y de factores externos, como la climatología o el volumen residual tratado. Estos lodos pueden entrar rápidamente en putrefacción y producir, además, malos olores. En tal sentido, la digestión de los lodos primarios requiere de sistemas que garanticen tiempos de detención de sólidos superiores a los 25 días cuando se tienen aguas residuales con temperaturas promedio entre los 20-25°C.

2.2.5.3. Tratamiento secundario

La finalidad de éste, es remover material orgánico en suspensión. Se utilizan procesos biológicos, aprovechando la acción de micro-organismos, que en su proceso de alimentación degradan la materia orgánica. La presencia o ausencia de oxígeno disuelto en el agua residual, define dos grandes grupos o procesos de actividad biológica, los aeróbicos (en presencia de oxígeno) y los anaeróbicos (en ausencia de oxígeno). En los tratamientos secundarios se hace un grado más avanzado de remoción de sólidos transformando los orgánicos no sedimentables y parte de los que están en solución en

sólidos que pueden ser sedimentados o convertidos a elementos estables como el CO₂ o nitratos. Durante estos procesos hay una reducción sensible del número de patógenos en especial por los procesos aeróbicos. Con estos se reduce notablemente el daño al medio al reducir la DBO a valores comparables con los de los cuerpos naturales, se reduce el riesgo a la salud pero no se remueve nutrientes, que en los cuerpos con periodos de retención prolongados aumentan la concentración a valores que tienden a producir la eutrofización. (Carrillo Asdrúbal, 2006).

Para que la transformación biológica se haga efectiva y de manera eficiente, deben existir condiciones adecuadas para el crecimiento bacteriano, considerando temperatura (30 -40°C), oxígeno disuelto, pH adecuado (6,5-8,0), salinidad (menor a 3.000 ppm). En estos procesos, actúan como sustancias inhibitoras las sustancias tóxicas, como metales pesados cadmio (Cd), cobre (Cu), cromo (Cr), mercurio (Hg), níquel (Ni), plomo (Pb) y otros, así como cianuros, fenoles y aceites, por este motivo es necesario evitar la presencia de estos. La biomasa bacteriana puede estar soportada en un lecho fijo, como superficies inertes (rocas, escoria, material cerámico o plástico) o puede estar suspendida en el agua a tratar, siendo estos de lecho móvil o lecho fluidizado. En cada una de estas situaciones la concentración de oxígeno en el agua determina la existencia de bacterias aeróbicas, facultativas o aerobias. Los procesos aerobios con biomasa suspendida que más se aplican son los de lagunas aireadas y los de lodos activados.

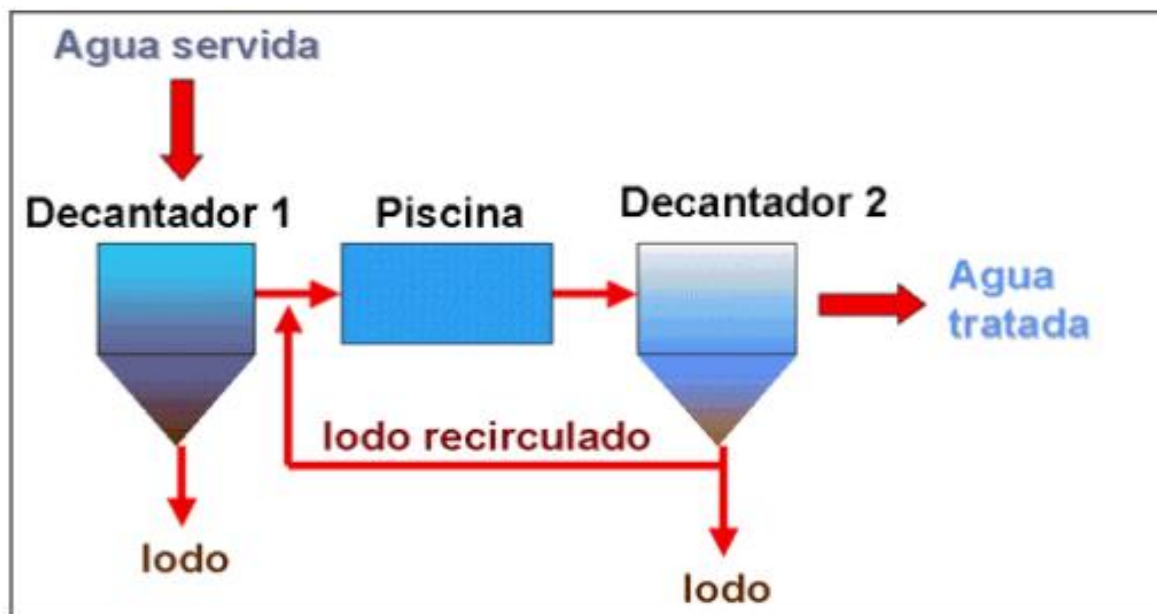
2.2.5.3.1. Lagunas aireadas

Son embalses de agua servida que ocupan una gran superficie de terreno, por lo que se emplean cuando éste es un bien barato. El agua servida así dispuesta se oxigena mediante aireadores superficiales o difusores sumergidos para generar oxidación bacteriana. Estos dispositivos crean una turbulencia que mantiene la materia en suspensión. El tiempo de residencia normal de este proceso es de 3 a 6 días, tiempo en que las bacterias poseen un crecimiento acelerado, dependiendo de las condiciones climáticas y suponiendo una aireación suficiente. La separación de sólidos de este tratamiento se logra por decantación que demora de 6 a 12 horas. La calidad del efluente de este proceso es inferior al de lodos activados, cuya diferencia fundamental es que en el primero no hay recirculación de lodos.

2.2.5.3.2. Procesos de lodos activos

El agua servida aireada se mezcla con bacterias aeróbicas que se han desarrollado con anterioridad. A diferencia del anterior, la mezcla del agua servida, previamente decantada, se agita por medio de bombas para que la materia esté en suspensión y en constante contacto con oxígeno en el interior de piscinas de concreto armado. La materia orgánica degradada del agua servida flocula, por lo que luego se puede decantar. Una parte de la biomasa sedimentada se devuelve al tratamiento biológico, para mantener una población bacteriana adecuada, y el resto se separa como lodo. La figura N°2, muestra el proceso de lodos activados.

FIGURA N° 02: ESQUEMA DEL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS



FUENTE: www.aguamarket.com. 2009.

Las ventajas principales de este proceso son el corto tiempo de residencia de la biomasa en las piscinas (6 horas), permitiendo tratar grandes volúmenes en espacios reducidos y la eficiencia en la extracción de las materias suspendidas. Sin embargo, la eficiencia en la eliminación de bacterias patógenas es baja. El agua tratada en un proceso de lodos activados o en lagunas aireadas puede servir para regadío si previamente se somete a cloración para desinfectarla.

2.2.5.3.3. Procesos anaeróbicos

También podemos considerar en los procesos anaerobios que consiste en una serie de procesos microbiológicos que ocurren dentro de un recipiente hermético, que realizan la digestión de la materia orgánica con producción de metano. Pueden intervenir diferentes tipos de microorganismos, pero es desarrollado principalmente por bacterias. Ejemplos de tratamientos anaeróbicos son los tanques sépticos y los reactores anaerobios que tratan el agua en un sistema sin luz, oxígeno ni movimiento.

Las ventajas principales sería que generalmente requiere de instalaciones menos costosas, y no hay necesidad de suministrar oxígeno, por lo que el proceso es más barato y el requerimiento energético es menor. Produce una menor cantidad de lodos (el 20% en comparación con un sistema de lodos activos).

Por otro lado, sus desventajas sería que es más lento que el tratamiento aeróbico, es decir, requiere un mayor tiempo de contacto o retención hidráulica, así como más tiempo de aclimatación, lo que impide el tratamiento de grandes volúmenes de aguas servidas.

2.2.5.4. Tratamiento terciario

Es el grado de tratamiento necesario para alcanzar una calidad físico-química-biológica alta para cuerpos de agua receptores sensitivos o ciertos tipos de reúso. Normalmente se trata de remover nutrientes (nitrógeno y fósforo) del agua, porque estos estimulan el crecimiento de las plantas acuáticas. (Carrillo Asdrúbal, 2006)

Los objetivos del tratamiento terciario son eliminar la carga orgánica remanente de un tratamiento secundario, eliminar microorganismos patógenos, eliminar color y olor indeseables, remover detergentes, fosfatos y nitratos residuales, que ocasionan espuma y eutrofización respectivamente. La cloración es parte del tratamiento terciario o avanzado que se emplea para lograr un agua más pura, incluso hasta llegar a potabilizarla si se desea.

2.2.6. Tanque Imhoff

Según la OPS (2005) el tanque Imhoff es una unidad de tratamiento primario cuya finalidad es la remoción de sólidos suspendidos. Para comunidades de 5000 habitantes o menos, los tanques Imhoff ofrecen ventajas para el tratamiento de aguas residuales domésticas, ya que integran la sedimentación del agua y la digestión de los lodos sedimentados en la misma unidad, por ese motivo también se les llama tanques de doble cámara.

Los tanques Imhoff tienen una operación muy simple y no requiere de partes mecánicas, sin embargo, para su uso correcto es necesario que las aguas residuales pasen por los procesos de tratamiento preliminar de cribado y de remoción de arenas. El tanque Imhoff típico es de forma rectangular y se divide en tres compartimientos: cámara de sedimentación, cámara de digestión de lodos y área de ventilación y acumulación de natas.

Durante la operación las aguas residuales fluyen a través de la cámara de sedimentación, donde se remueven gran parte de los sólidos sedimentables. Éstos resbalan por las paredes inclinadas del fondo de la cámara de sedimentación pasando a la cámara de digestión a través de la ranura con traslape existente en el fondo del sedimentador. El traslape tiene la función de impedir que los gases o partículas suspendidas de sólidos, producto de la digestión, que inevitablemente se producen en el proceso de digestión, sean desviados hacia la cámara de natas o área de ventilación.

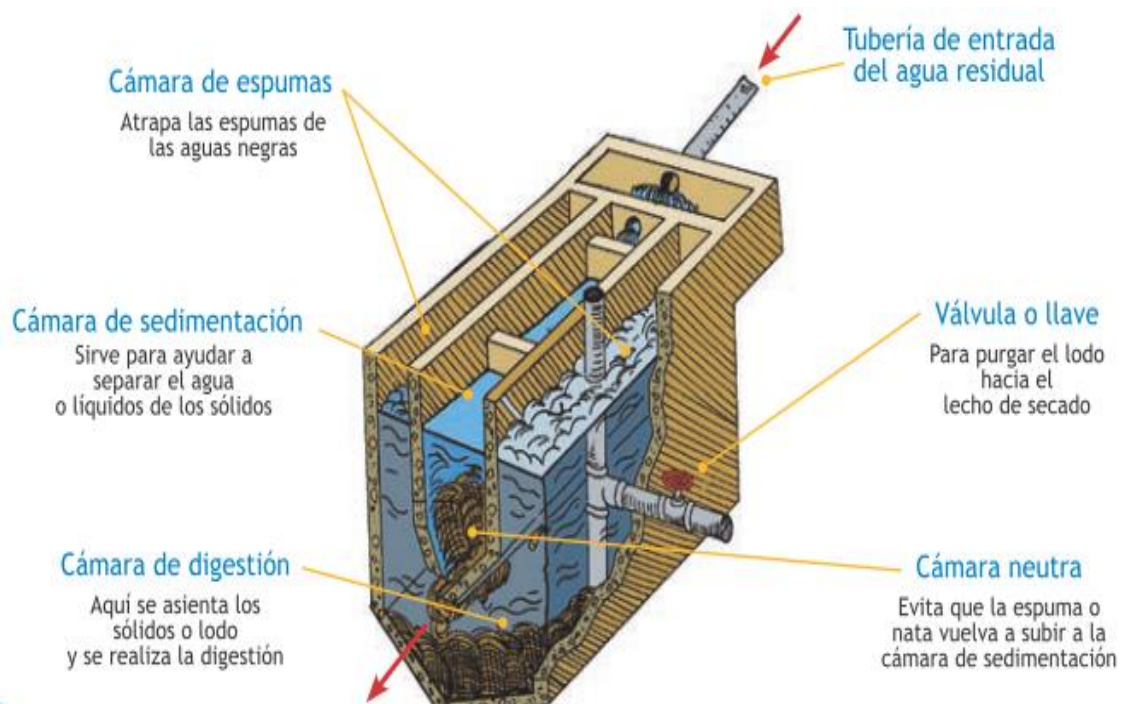
Estas unidades no cuentan con unidades mecánicas que requieran mantenimiento y la operación consiste en la remoción diaria de espuma, en su evacuación por el orificio más cercano y en la inversión del flujo por lo menos dos veces al mes, con la finalidad de distribuir los sólidos de manera uniforme en los dos extremos del digestor y retirarlos periódicamente al lecho de secado. En la figura N°3, se muestra el tanque imhoff y cada uno de sus compartimientos.

Los lodos acumulados en el digestor se extraen periódicamente y se conduce al lecho de secado, donde el contenido de humedad se reduce por infiltración, después de lo

cual se retiran y se disponen de ellos enterrándolos o pueden ser utilizados para mejoramiento de los suelos.

El tanque Imhoff elimina del 40% al 50% de sólidos suspendidos y reduce el DBO en un 25 a 40%. Los lodos acumulados en el digestor del tanque Imhoff se extraen periódicamente y se conducen a lechos de secados.

FIGURA N° 03: TANQUE IMHOFF Y SUS PARTES



FUENTE: Manual Técnico de Difusión Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales para Albergues en Zonas Rurales. (2008)

2.2.6.1. Ventajas

- Contribuye a la digestión del lodo, produciendo un líquido residual de mejores características.
- No descargan lodo en el líquido efluente.
- El lodo se seca y se evacua con más facilidad, esto se debe a que contiene de 90 a 95% de humedad.

- Las aguas servidas que se introducen en los tanques Imhoff, no necesitan tratamiento preliminar, salvo el paso por una criba gruesa y la separación de las arenas.
- El tiempo de retención de estas unidades es menor.
- Tiene un bajo costo de construcción y operación.
- Para su construcción se necesita poco terreno.
- Son adecuados para ciudades pequeñas y para comunidades donde no se necesite una atención constante y cuidadosa, y el efluente satisfaga ciertos requisitos normados para evitar la contaminación de las fuentes hídricas.

2.2.6.2. Desventajas

- Son estructuras profundas (mayores a 6m).
- Es difícil su construcción en arena fluida o en roca y deben tomarse precauciones cuando el nivel freático sea alto, para evitar que el tanque pueda flotar o ser desplazado cuando este vacío.
- El efluente que sale del tanque es de mala calidad orgánica y microbiológica.
- Necesidad del tratamiento de sus afluentes posterior (filtro de arenas, zanjas filtrantes, etc.), ya que al ser un tratamiento anaerobio y contiene probablemente un elevado número de agentes patógenos los cuales son una fuente de infección y de problemas sanitarios no se debe usarse para regar cultivos ni descargarse en canales sino debe de ser tratada por un tratamiento secundario.
- En ocasiones puede causar malos olores, aun cuando su funcionamiento sea correcto.

2.2.7. Normativa de Referencia

En el Perú, el sector saneamiento, pertenece al sector público. La Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, SUNASS, es la encargada de regular, supervisar y fiscalizar el mercado de servicios de agua potable, así como del alcantarillado.

El Estado promueve la participación del sector privado mediante procesos de concesión a nivel nacional, enmarcado en la Ley N° 26338 y su Reglamento (SUNASS, 2008). El cuadro N°4 muestra el resumen del marco legal en el Perú, para el sector saneamiento.

CUADRO N° 04: MARCO LEGAL Y NORMATIVO

NORMATIVAS	FECHA	ESTIPULAMIENTO
Constitución política del Perú	31/10/1993	Base del ordenamiento jurídico nacional
Ley de Reforma sobre Descentralización	Ley N° 27680	Las municipalidades promueven, apoyan y reglamentan la participación vecinal en el desarrollo local.
Ley General de Salud	Ley N° 26842	El abastecimiento del agua, alcantarillado, disposición de excretas, reúso de aguas servidas y disposición de residuos sólidos quedan sujetos a las disposiciones que dicta la Autoridad de Salud competente, la que vigilará su cumplimiento.
Ley General del Ambiente	Ley N° 28611	El estado promueve el tratamiento de las aguas residuales con fines de reutilización considerando como premisa la obtención de la calidad necesaria de reúso, sin afectar la salud humana, el ambiente o las actividades en las que se reutilizan.
Aprueban los ECA para Agua	Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM	Aprueban estándares de calidad ambiental para agua publicado en el Diario El Peruano el 31 de junio de 2008.
Aprueban disposiciones para la implementación de los ECAs para Agua	Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM	Aprueban disposiciones para la implementación de los estándares nacionales de calidad ambiental (ECA) para agua. A partir del 01 de Abril del 2010.
Aprueban Límites Máximos Permisibles para los efluentes de PTAR Domésticas o Municipales	Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM	Cumplimiento de los límites máximos permisibles de PTAR.
Ley Marco para la Inversión Privada	D.L. N° 757	Garantiza la libre iniciativa y las inversiones privadas en todos los sectores de la actividad económica y en cualquiera de las formas empresariales o contractuales permitidas por la Constitución y las Leyes.

NORMATIVAS	FECHA	ESTIPULAMIENTO
Ley Orgánica de Gobiernos Regionales	Ley N° 27902	Regula la participación de los Alcaldes Provinciales y la Sociedad Civil en los Gobiernos Regionales y fortalecer el proceso de Descentralización y Regionalización
Ley de Creación, Organización y Funciones del MINAM	D.L. N° 1013	Crea el Ministerio del Ambiente y establece su ámbito sectorial, y regula la estructura orgánica, competencias y funciones del mismo.
Ley Orgánica de Municipalidades	Ley N° 27972	Establece normas sobre la creación, origen, naturaleza, autonomía, organización, finalidad, tipos, competencias, clasificación y régimen económico de las municipalidades.
Ley del Procedimiento Administrativo General	Ley N° 27444	Regula las actuaciones de la función administrativa del Estado y el procedimiento administrativo común desarrollados en las entidades.
Ley de Recursos Hídricos	Ley N° 29338 (2009)	Regula el uso y gestión de los recursos hídricos. Comprende el agua superficial, subterránea, continental y los bienes asociados a esta.
Resolución Jefatural N°0291-2009-ANA	R.J. N° 0291-2009-ANA	Disposiciones referidas al otorgamiento de autorizaciones de vertimientos y de reúsos de aguas residuales tratadas.
Resolución Jefatural N°0351-2009-ANA	R.J. N° 0351-2009-ANA	Modifican R.J. N° 0291-2009-ANA referente al otorgamiento de autorizaciones de vertimientos y reúsos de aguas residuales tratadas.
Aprobación del TUPA del MINSA y sus Órganos Desconcentrados	Decreto Supremo N° 013-2009-SA	Unifica y estandariza los procedimientos administrativos que se siguen antes las distintas instancias del MINSA, sus órganos desconcentrados y organismos públicos descentralizados.
Ley del Sistema Nacional de evaluación del impacto ambiental	Ley N° 27446	Creación del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA) y establecimiento de un proceso uniforme que comprenda los requerimientos, etapas, y alcances de las evaluaciones del impacto ambiental de proyectos de inversión.

NORMATIVAS	FECHA	ESTIPULAMIENTO
Ley General de Servicios de Saneamiento y su Texto único ordenado del Reglamento	Ley N° 26338	Regula la prestación de los servicios de saneamiento en los ámbitos rural y urbano.
Código Penal	D. Leg. N° 635 (03-04-91)	Concreta los postulados de la moderna política criminal, sentando la premisa que el Derecho Penal es la garantía para la viabilidad posible en un ordenamiento social y democrático de derecho.
Norma procesal penal ambiental	Ley N° 26631	Para efecto de formalizar denuncia de la legislación ambiental.

FUENTE: FONAM. 2010

Asimismo, en el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, tal como se muestra en el cuadro N°5, se establecen los límites máximo permisibles para aguas residuales vertidos en cuerpos de agua.

CUADRO N° 05: MARCO LEGAL Y NORMATIVO

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUA
Aceites y grasas	mg/l	20
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	10 000
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	mg/l	100
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/l	200
pH	---	6.5-8.5
Sólidos totales en suspensión	ml/L	150
Temperatura	°C	<35

FUENTE: Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM

CUADRO N° 06: LÍMITES MÁXIMO PERMISIBLES (LMP) REFERENCIALES DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA

PARÁMETRO	LMP	Referencia
Coliformes totales, UFC/100 mL	0 (ausencia)	(1)
Coliformes termotolerantes, UFC/100 mL	0 (ausencia)	(1)
Bacterias heterotróficas, UFC/mL	500	(1)
pH	6,5 – 8,5	(1)
Turbiedad, UNT	5	(1)
Conductividad, 25°C uS/cm	1500	(3)
Color, UCV – Pt-Co	20	(2)
Cloruros, mg/L	250	(2)
Sulfatos, mg/L	250	(2)
Dureza, mg/L	500	(3)
Nitratos, mg NO ₃ /L (*)	50	(1)
Hierro, mg/L	0,3	0,3 (Fe + Mn ≤ 0,5) (2)
Manganeso, mg/L	0,2	0,2 (Fe + Mn ≤ 0,5) (2)
Aluminio, mg/L	0,2	(1)
Cobre, mg/L	3	(2)
Plomo, mg/L (*)	0,1	(2)
Cadmio, mg/L (*)	0,003	(1)
Arsénico, mg/L (*)	0,1	(2)
Mercurio, mg/L (*)	0,001	(1)
Cromo, mg/L (*)	0,05	(1)
Flúor, mg/L	2	(2)
Selenio, mg/L	0,05	(2)

FUENTE: SUNASS, OFICIO CIRCULAR NO 677-2000/SUNASS-INF

2.2.8. Descripción de Aditivos Empleados

En el proceso de mejorar la calidad del agua residual tratado saliente del tanque Imhoff, se utilizó tres aditamentos esenciales, los cuales serán descritos a continuación:

2.2.8.1. Hipoclorito de Calcio

El hipoclorito de calcio (Ca (ClO)₂) se comercializa en forma seca o líquida. El hipoclorito de calidad contiene, por lo menos, un 70 por 100 de cloro disponible. En forma seca, se suministra en gránulos o en polvo, tabletas comprimidas, o en pastillas. Existe una gran variedad de tamaños de recipientes, dependiendo de los fabricantes. Los gránulos y pastillas de hipoclorito de Calcio (Ca (ClO)₂) se disuelven fácilmente en agua y, bajo condiciones de almacenamiento adecuadas, son relativamente estables.

2.2.8.2. Bacterias Degradadoras

El tratamiento biológico de aguas residuales se lleva a cabo mediante una serie de importantes procesos de tratamiento que tienen en común la utilización de microorganismos (entre los que destacan las bacterias) para llevar a cabo la eliminación de componentes solubles en el agua. Estos procesos aprovechan la capacidad de los microorganismos de asimilar la materia orgánica y los nutrientes (nitrógeno y fósforo) disueltos en el agua residual para su propio crecimiento. Cuando se reproducen, se agregan entre ellos y forman unos flóculos macroscópicos con suficiente masa crítica como para decantar en un tiempo razonable.

La aplicación tradicional consiste en la eliminación de materia orgánica biodegradable, tanto soluble como coloidal, así como la eliminación de compuestos que contienen nitrógeno y fósforo. Es uno de los tratamientos más habituales, no solo en el caso de aguas residuales urbanas, sino en buena parte de las aguas industriales, por su sencillez y su bajo coste económico de operación.

En la mayor parte de los casos, la materia orgánica constituye la fuente de energía y de carbono que necesitan los microorganismos para su crecimiento. Además, también es necesaria la presencia de nutrientes, que contengan los elementos esenciales para el crecimiento, especialmente nitrógeno y fósforo, y por último, en el caso de sistemas aerobios, la presencia de oxígeno disuelto en el agua. El oxígeno no es imprescindible, ya que los microorganismos son capaces de degradar la materia orgánica también en condiciones anaerobias. Este aspecto será clave a la hora de elegir el proceso biológico más conveniente.

En el metabolismo celular, juega un papel fundamental el aceptor final de electrones en los procesos de oxidación de la materia orgánica. Este aspecto, además, tiene una importante incidencia en las posibilidades de aplicación al tratamiento de aguas residuales.

2.3. GLOSARIO DE TÉRMINOS BÁSICOS.

AGUA RESIDUAL: Efluentes líquidos acuosos provenientes como desechos de la actividad urbana, industrial, ganadera o agrícola que se caracterizan por haber perdido en el proceso alguna de las características de calidad principalmente debido a la adición de sustancias disueltas o en suspensión o de agentes biológicos.

AGUA RESIDUAL DOMÉSTICAS: Son las aguas residuales procedentes de zonas de vivienda y de servicios, generadas principalmente por las excretas humanas y las actividades domésticas.

AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL: Todas las aguas residuales generadas desde locales utilizadas para efectuar cualquier actividad industrial o comercial, que no sean aguas residuales domesticas ni aguas de escorrentía pluvial.

AGUA RESIDUAL URBANA: Son las aguas residuales domésticas o la mezcla d las mismas con aguas residuales industriales y/o aguas de escorrentía pluvial.

BACTERIA: Microorganismo procariota unicelular, caracterizado por carecer de órganos propios de las células eucariotas. Muchas son saprófitas jugando un importante papel en la descomposición de la materia orgánica.

CALIDAD: Término que cuando se emplea referido a la composición de un agua se refiere a su adecuación a un uso concreto.

COLIFORME: Bacterias Gram negativas de morfología bacilar, capaces de fermentar lactosa con producción de gas a la temperatura de 35°C o 37°C (*Coliformes totales*). Aquellas que tienen las mismas propiedades a la temperatura de 44°C o 44.5°C se denominan *Coliformes fecales*.

CONTAMINACIÓN: Acción y efecto de contaminar. Ver contaminante.

CONTAMINANTE: Cualquier forma de materia o energía ajena a la composición natural del agua.

DBO₅: Demanda bioquímica de oxígeno a los 5 días. Medida de la cantidad de oxígeno consumida en la oxidación del material carbonoso de una muestra de agua, por la población microbiana, a lo largo de cinco días de incubación. Se trata de una reacción

fuertemente dependiente de la temperatura por lo que siempre que el ensayo no se haya hecho a 20°C que es la estándar habrá que indicarlo. Se trata del parámetro indicador de contaminación orgánica más ampliamente empleado, aunque tiene serias limitaciones que hay que tener en cuenta a la hora de su interpretación, entre estas pueden destacarse: en los cinco días que dura el ensayo normalmente no se oxida más del 60 o 70% de la materia orgánica realmente presente en la muestra, los resultados obtenidos dependen del inóculo bacteriano y la presencia de sustancias tóxicas para los microorganismos puede falsear los resultados.

DQO: Demanda química de oxígeno. Se trata de un ensayo empleado para la medida del contenido en materia orgánica de una muestra de agua residual. Como agente oxidante se emplea una sustancia química, como el dicromato, fuertemente oxidante en medio ácido y a elevada temperatura.

DESINFECCIÓN: Destrucción por medio de un agente químico o físico de las bacterias y virus patógenos que se encuentran en el material a desinfectar (sustancia, objeto, etc.). Se diferencia de la esterilización en que esta última destruye todos los microorganismos, patógenos o no, incluidas las formas de resistencia.

LAGUNA AEROBIA: Laguna que funciona en condiciones oxidantes.

LAGUNA ANAEROBIA: Laguna que funciona en condiciones reductoras.

LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN: Laguna diseñada para la oxidación biológica de la materia orgánica.

LAGUNA DE MADURACIÓN: Laguna de estabilización de poca profundidad (para que la luz y el oxígeno puedan penetrar totalmente en ellas) en la que se tratan efluentes secundarios. Originalmente se diseñaron para eliminar la carga bacteriana de las aguas tratadas mediante otras técnicas.

LODO: Sólidos separados de un agua residual mediante procesos físico-químicos generalmente con un elevado contenido en materia orgánica.

MEDIDA DEL CONTENIDO MICROBIOLÓGICO: El recuento de bacterias presentes en el agua subterránea, se realiza normalmente mediante siembra y recuento directo de las unidades formadoras de colonias (UFC), si el contenido bacteriano es bajo, o siembra en

tubos y recuento estadístico (técnica conocida como NMP o del número más probable). En ocasiones, cuando se trata de aguas muy limpias, se recurre al filtrado en membrana y siembra de esta. La identificación de especies o grupos taxonómicos concretos requiere el empleo de medios específicos.

MEDIDA DEL pH: El método normalmente utilizado en la determinación del pH de aguas naturales es el electrométrico con electrodo de vidrio. Este método se basa en la medida de la diferencia de potencial entre un electrodo de vidrio y un electrodo de referencia (calomelanos KCl saturado).

MEDIDA TERMOMÉTRICA: Medida de la temperatura. En el campo de la hidrología se emplean normalmente termómetros basados en termistancias o semiconductores, más raramente termopares. Los termómetros de mercurio no se emplean por su fragilidad y posibilidad de contaminación del medio.

SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN: Sólidos insolubles, de naturaleza orgánica o inorgánica, suspendidos en el seno de la solución acuosa que pueden ser separados mediante técnicas físicas como la centrifugación, decantación o filtrado. Las aguas subterráneas generalmente tienen un contenido muy bajo de sólidos en suspensión.

TANQUE IMHOFF: Es una unidad de tratamiento primario cuya finalidad es la remoción de sólidos suspendidos.

TRATAMIENTO PRIMARIO: El tratamiento de aguas residuales urbanas mediante un proceso físico y/o químico que incluya la sedimentación de sólidos en suspensión, u otros procesos en los que la DBO₅ de las aguas de entrada se reduzca por lo menos en un 20% antes del vertido, y el total de sólidos en suspensión se reduzca al menos en un 50%.

TRATAMIENTO SECUNDARIO: Proceso que incluye un tratamiento biológico con sedimentación secundaria, en el que se alcanzan determinados parámetros mínimos de calidad: La DBO₅ a 20 °C (sin nitrificación) debe reducirse, al menos, entre un 70% y un 90%. La DQO debe aminorarse más del 75%. Los sólidos en suspensión deben reducirse entre el 70 y el 90%.

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. Hipótesis General.

Con el tratamiento de aguas residuales mediante el diseño experimental del agua residual saliente del tanque Imhoff se disminuirá la contaminación de la quebrada Sicacate en el distrito de Montero.

2.4.2. Hipótesis Específicas.

1. Las aguas residuales que se reciben en el tanque Imhoff tiene concentración alta de materia orgánica y carga bacteriológica.
2. Con las bacterias degradadores se podrá disminuir la concentración de materia orgánica en el agua residual resultante del tanque Imhoff.
3. Con el hipoclorito de Calcio: $\text{Ca}(\text{ClO})_2$, se podrá disminuir la concentración de bacterias en el agua residual resultante del tanque Imhoff.
4. Con el tratamiento experimental se consigue mejorar la eficiencia del proceso realizado por el tanque Imhoff.

2.5. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

CUADRO N° 07: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE INDEPENDIENTE

VAR.	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENS.	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADOR	ESCALA DE MEDIDA
TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL TANQUE IMHOFF.	Las aguas residuales son aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado. (OEFA, 2014)	PARÁMETROS FÍSICOS	<ul style="list-style-type: none"> Sólidos totales se midieron mediante la evaporización de una muestra y su consecutivo secado en una estufa a temperatura definida. La temperatura, se midió utilizando un termómetro con bulbo de mercurio. 	<ul style="list-style-type: none"> Sólidos totales Temperatura 	INTERVALO
		PARÁMETROS QUÍMICOS	<ul style="list-style-type: none"> Se midió el pH utilizando un potenciómetro. Se determinará DBO con la prueba de DBO de 5 días, límite mínimo detectable es $< 2\text{mg}/\text{IO}_2$. Se determinará la DQO mediante el método de dicromato. 	<ul style="list-style-type: none"> pH DBO DQO 	INTERVALO
		PARÁMETROS ORGÁNICOS	<ul style="list-style-type: none"> Se puede realizar la determinación de <i>Escherichia coli</i> y <i>Coliformes Totales</i>, mediante el método Simplate. 	<ul style="list-style-type: none"> <i>Coliformes totales</i> <i>Escherichia coli</i> 	INTERVALO

FUENTE: Elaboración Propia

CUADRO N° 08: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES - DEPENDIENTE

VAR.	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADOR	ESCALA DE MEDIDA
CONTAMINACIÓN DE LA QUEBRADA SICACATE	<p>Acción y efecto de introducir materias o formas de energía o inducir condiciones en el agua que, de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación con sus usos posteriores o su función ecológica.</p> <p>(Ley de Aguas Española,2001)</p>	E= Resultado final / Resultado inicial	Eficiencia	RAZÓN
		Carga bacteriológica: Cantidad de solidos totales en ppm (partes por millón).	Sólidos Totales	INTERVALO
		Materia orgánica: Cantidad de materia orgánica en ppm (partes por millón).	<ul style="list-style-type: none"> • Coliformes totales • <i>Escherichia coli</i> 	INTERVALO

FUENTE: Elaboración Propia

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. ENFOQUE

La investigación es de carácter mixto, ya que tiene un enfoque cuantitativo reflejado en la determinación de los valores de los parámetros observados en las muestras de agua residual (tratada y sin tratar); tiene un enfoque cualitativo al comparar estos resultados con los Límites Máximos Permisibles, establecidos por la normativa Nacional para Efluentes. (D.S. 003 -2010, MINAM)

3.2. DISEÑO

La investigación es aplicada experimental, pues fue orientada a la solución de problemas concretos realizada de manera práctica, ya que se buscó disminuir la contaminación de la quebrada Sicacate mediante el uso de hipoclorito de Calcio ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$) y bacterias degradadoras en el agua saliente del tanque Imhoff.

3.3. NIVEL

El nivel de la investigación es explicativa ya que buscó resolver un problema concreto como es la contaminación de la quebrada Sicacate, buscando explicar el comportamiento de esta variable en función del tratamiento de las aguas residuales del tanque Imhoff que se realizó con el uso de las bacterias degradadoras y el hipoclorito de calcio. Es decir es un estudio causa y efecto entre la variable independiente y dependiente.

3.4. TIPO.

La investigación es de tipo longitudinal, dado que se realizaron mediciones de antes y después del uso del hipoclorito de calcio ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$) y bacterias degradadoras, siendo estas medidas relacionadas.

3.5. SUJETOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.5.1. Universo Poblacional

La población en esta investigación es el tanque Imhoff con una capacidad 1500 litros.

3.5.2. Tamaño de Muestra

El tamaño de muestra está dado por la siguiente formula:

$$n = \frac{Z^2 * p * q * N}{e^2(N - 1) + Z^2 * p * q}$$

Donde:

n: Tamaño de la muestra.

Z: Nivel de confianza (95%).

p: Probabilidad de éxito (50%).

q: Probabilidad de fracaso (50%).

N: Tamaño de población (1500 litros agua residual).

e: Error máximo permitido (5%).

Reemplazando:

$$n = \frac{(0.95)^2 * 0.5 * 0.5 * (1500)}{(0.05)^2(1500 - 1) + (0.95)^2 * 0.5 * 0.5}$$

$$n = 85.18168948 \cong 85 \text{ l}$$

La muestra resultó 85 litros debido a la formula estadística empleada; por consiguiente para la realización de las pruebas de experimentación se tomó en consideración 100 litros de agua residual saliente del tanque Imhoff, para la realización de 5 pruebas con 5 litros como mínimo y 20 litros cada una máximo.

Tomando estas consideraciones, se decidió tomar 5 litros de muestra de agua residual ya que se tenía la probabilidad positiva de ser una muestra representativa; por lo tanto fue un tipo de muestreo riguroso y científico.

3.6. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

Para lograr cada uno de los objetivos específicos propuestos se tomaron muestras del agua afluente y efluente del tanque Imhoff. Las muestras de agua se tomaron en el momento de mayor descarga, (entre las 12 y 15 horas) manteniéndose aproximadamente un flujo constante durante todos los días de la semana.

El volumen de muestra tomado en el tanque Imhoff, tanto del afluente como del efluente, fue de aproximadamente de 5 litros, para poder realizar las evaluaciones.

**CUADRO N° 9: MUESTREOS CORRESPONDIENTES AL AGUA RESIDUAL
AFLUENTE Y EFLUENTE DEL TANQUE IMHOFF.**

NÚMERO DE MUESTRA	FECHA	DÍA DE LA SEMANA
1	Junio 2016	Lunes
2	Junio 2016	Martes
3	15 de Agosto 2017	Miércoles
4	25 de Agosto 2017	Jueves

FUENTE: Elaboración Propia

Los frascos se conservaron en una hielera con una temperatura aproximada de 4 °C y fue transportado al laboratorio NORT LAB, donde se realizaron los análisis físicos, químicos y microbiológicos, en un lapso no mayor de 24 horas una vez recolectados los muestreos.

3.6.1. Determinación de las características de las aguas residuales que se reciben en el tanque imhoff.

En concordancia con el primer objetivo: determinar la caracterización de las aguas residuales del Tanque Imhoff; se procedió a la toma de muestras del afluente y efluente del Tanque Imhoff. Las técnicas de análisis, se describen a continuación.

Análisis físicos: temperatura, sólidos totales y turbidez

Para la determinación de temperatura, se empleó un termómetro con bulbo de mercurio con una graduación de decimas de grado centígrado, el procedimiento se realizó sumergiendo el termómetro en la parte media del recipiente, realizándose en el sitio del muestreo.

En la determinación de sólidos totales y turbiedad, se tomaron 100ml de la muestra de agua y se transfirieron a una cápsula de porcelana previamente tarada y pesada, esta cápsula se colocó sobre la estufa para evaporar el líquido, una vez terminado este proceso, se llevó la muestra a sequedad en la estufa a 103°C – 105°C. Posteriormente se enfrió en el desecador y se procedió a pesar la capsula con su contenido.

Análisis químicos: pH, DBO, DQO

Para la determinación de pH se empleó un potenciómetro. El procedimiento consistió en una calibración con tres soluciones estándar, correspondientes a 4.0, 7.0 y 10.0 unidades de pH; una vez calibrado se procedió a determinar el pH de la muestra.

En la determinación de DQO, se utilizó el método de dicromato a los procedimientos que utilizan otros oxidantes debido a su mayor capacidad oxidante, a su aplicabilidad, a una mayor variedad de muestras y a su fácil manipulación. Este parámetro se tomó para evaluar en forma indirecta la cantidad del compuesto orgánico capaz de consumir el oxígeno disuelto, que se encuentra presente, antes y después del tratamiento.

En la determinación de DBO, se realizó la prueba de DBO₅ de 5 días, límite mínimo detectable es < 2mg/lO₂. Para ello, se introduce un volumen definido de la muestra líquida en un recipiente opaco que evite que la luz pueda introducirse en su interior (eliminándose de esta forma las posibles reacciones fotosintéticas generadoras de gases); se introduce un agitador magnético en su interior, y se tapa la boca de la botella con un capuchón de goma en el que se introducen algunas lentejas de sosa. Se cierra la botella con un sensor piezoeléctrico, y se introduce en una estufa refrigerada a 20°C.

Las bacterias irán oxidando la materia orgánica del interior de la disolución, con el consecuente gasto de oxígeno del interior de la botella. Estas bacterias, debido al proceso de respiración, emitirán dióxido de carbono que será absorbido por las lentejas de sosa. Este proceso provoca una disminución interior de la presión atmosférica, que será medida con el sensor piezoeléctrico.

En detalle:

- Introducir un volumen conocido de agua a analizar en un matraz aforado y completar con el agua de dilución.
- Verificar que el pH se encuentra entre 6-8. (En caso contrario, preparar una nueva dilución llevando el pH a un valor próximo a 7 y después ajustar el volumen)
- Llenar completamente un frasco con esta solución y taparlo sin que entren burbujas de aire.
- Preparar una serie de diluciones sucesivas.
- Conservar los frascos a $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ y en la oscuridad.
- Medir el oxígeno disuelto subsistente al cabo de 5 días.
- Practicar un ensayo testigo determinando el oxígeno disuelto en el agua de dilución y tratar dos matraces llenos de esta agua como se indicó anteriormente.
- Determinar el oxígeno disuelto.

En el curso del ensayo testigo, el consumo de oxígeno debe situarse entre 0,5 y 1,5 g/l. En el caso contrario, la inoculación con el agua destilada no es conveniente y se necesitará modificar la preparación.

Análisis orgánicos: *Coliformes totales y Escherichia coli*

Se empleó el método Simplate. A continuación se describe el siguiente procedimiento:

- Se prepararon diluciones 1:10 tomando de esta 1 ml (muestra problema). Las disoluciones realizadas fueron:
 - Muestra afluyente: dilución 10^{-3}
 - Muestra efluente: No requirió de dilución, para este caso se adicionó directamente 10 ml de muestra l medio de cultivo.
- En un área estéril, se condicionó al medio de cultivo 9 ml de agua destilada estéril y 1ml de muestra problema hasta completar un volumen final de 10 ml se homogenizó por un minuto (agitación mecánica).
- La solución se colocó en una charola que contenga 84 pozos, asegurándose que estén perfectamente cubiertos con el medio de cultivo y libre de burbujas, el exceso de medio fue eliminado mediante una ligera inclinación de la charola hacia la esponja, para eliminar el excedente del medio del cultivo.
- Se incubó a $37 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ por 24 ± 2 horas. Posteriormente se leyeron los pozos positivos, los cuales presentan una coloración roja, indicativo de Coliformes totales, la presencia de Coliformes fecales (*Escherichia Coli*) se observó mediante fosforescencia con luz ultravioleta en un cuarto oscuro.
- Finalmente la concentración de Coliformes totales y fecales, fue estimada a partir del número de pozos positivos, mediante el uso de la Cuadro N° 10. Una vez considerada las diluciones realizadas para cada muestra, la concentración se expresó en número más probable por ml.

FIGURA N° 04: COLORACIÓN EN LOS POZOS POSITIVOS PARA LA DIFERENCIACIÓN DE COLIFORMES.



FUENTE: Manual Práctico de Análisis de Agua (Fundación Nacional de Salud; 2013)

CUADRO N° 10: RANGO NORMAL DE CONVERSIÓN (RNC) DEL MÉTODO SIMPLATE

Pozos positivos = NMP / ml	Pozos positivos = NMP / ml	Pozos positivos = NMP / ml
1 = 2	29 = 70	57 = 190
2 = 4	30 = 74	58 = 196
3 = 6	31 = 76	59 = 202
4 = 8	32 = 80	60 = 208
5 = 10	33 = 84	61 = 216
6 = 12	34 = 86	62 = 224
7 = 14	35 = 90	63 = 232
8 = 16	36 = 94	64 = 240
9 = 18	37 = 96	65 = 248
10 = 22	38 = 100	66 = 256
11 = 24	39 = 104	67 = 266
12 = 26	40 = 108	68 = 276
13 = 28	41 = 112	69 = 288
14 = 30	42 = 116	70 = 298
15 = 32	43 = 120	71 = 312
16 = 36	44 = 124	72 = 324
17 = 38	45 = 128	73 = 348
18 = 40	46 = 132	74 = 354
19 = 42	47 = 136	75 = 372
20 = 46	48 = 142	76 = 392
21 = 48	49 = 146	77 = 414
22 = 50	50 = 150	78 = 440
23 = 54	51 = 156	79 = 470
24 = 56	52 = 160	80 = 508
25 = 58	53 = 166	81 = 556
26 = 62	54 = 172	82 = 624
27 = 64	55 = 178	83 = 738
28 = 68	56 = 184	84 = >738

* Si los pozos son negativos y la esponja es positiva entonces se reporta < 2

FUENTE: Manual Práctico de Análisis de Agua (Fundación Nacional de Salud; 2013)

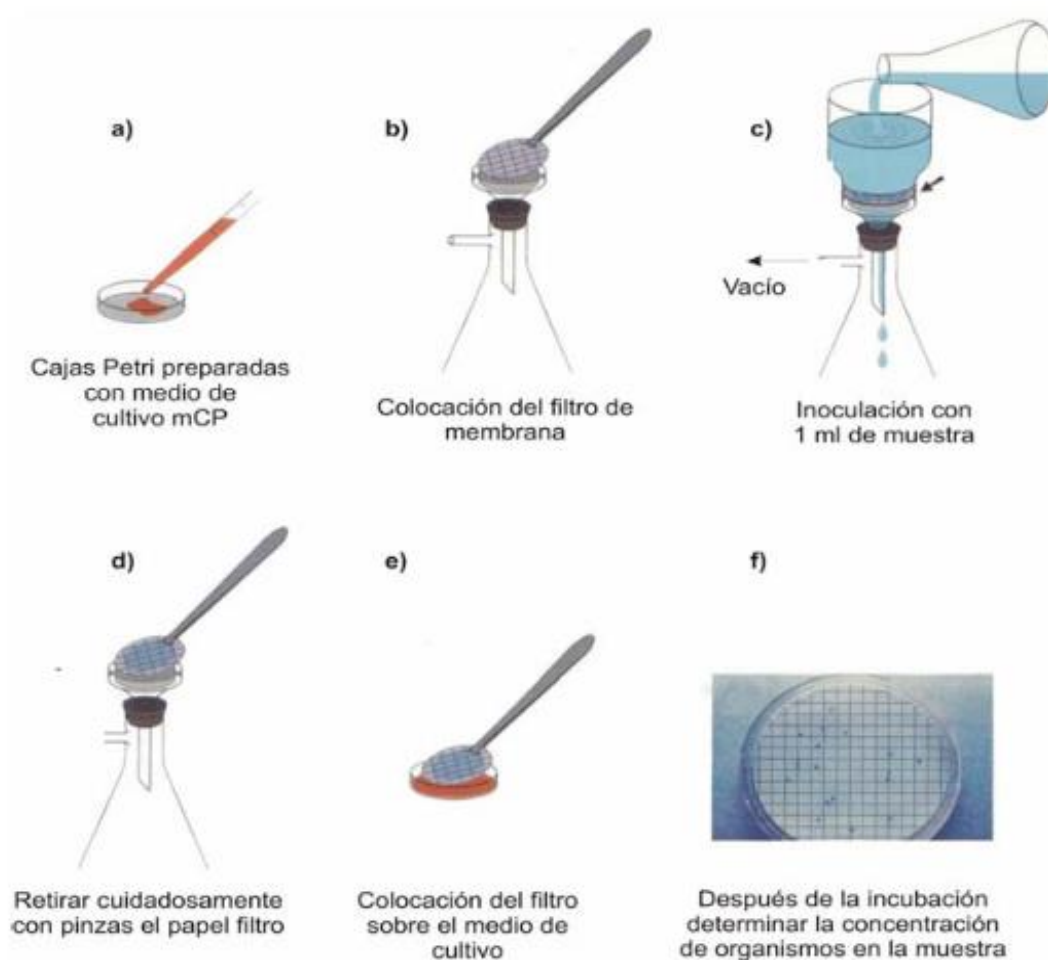
3.6.2. Determinación de la dosificación de bacterias degradadoras óptimas para disminuir la concentración de materia orgánica en el agua saliente del tanque imhoff.

Según el segundo objetivo, determinación de la dosificación de bacterias degradadoras óptimas para la disminución de la carga bacteriológica; se realizó el cultivo de bacterias, bajo las condiciones necesarias para estimular el desarrollo de las mismas.

Para el cultivo de las bacterias, se utilizó el método de filtración por membrana filtrante, el cual consistió en la utilización del equipo millipore y el medio de cultivo (Duncan, 1983). El procedimiento se describe a continuación:

1. Se prepararon cajas Petri con medio de Cultivo Mcp.
2. Se realizaron diluciones en las tres muestras (10^{-1}).
3. El método de filtración se llevó a cabo en área estéril.
4. Se montó y desinfectado con alcohol al equipo millipore.
5. Se colocó el filtro de membrana en la porta filtro y se le adicionó 3 ml de agua estéril.
6. Posteriormente se adicionó un ml de muestra. Se filtró y colocó en las placas de cultivo.
7. Se incubó por 24 horas en anarobiosis a una temperatura de 44 ± 0.2 °C y se contaron las colonias con coloración rosa, reportándose como unidades formadoras de colonias por ml (UFC/ml). El procedimiento se puede observar en la figura 05.

FIGURA N° 05: MÉTODO DE FILTRACIÓN POR MEMBRANA FILTRANTE

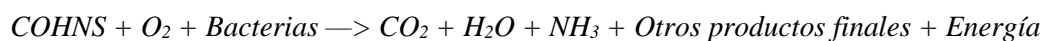


FUENTE: Duncan (1983)

Para lograr la disminución de carga orgánica, con la ayuda de bacterias, que en condiciones aerobias, actúan sobre la materia orgánica presente en las aguas residuales.

Una parte de la materia orgánica se oxida por la flora bacteriana, que obtiene de esta forma la energía necesaria para el mantenimiento celular. De forma simultánea, otra fracción de materia orgánica se convierte en nuevo tejido celular nuevo (síntesis celular), empleándose para ello la energía liberada en la fase de oxidación.

Oxidación



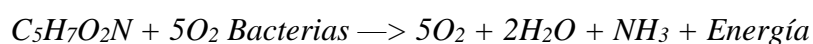
Síntesis



Donde COHNS representa los elementos predominantes en la materia orgánica presente en las aguas residuales y $C_5H_7O_2N$ representa la composición media de los microorganismos encargados de la biodegradación de la materia orgánica (Hoover y Porges, 1952).

Finalmente, cuando se consume la materia orgánica disponible, las nuevas células empiezan a consumir su propio tejido celular con el fin de obtener energía para el mantenimiento celular. Este tercer proceso se conoce como respiración endógena.

Respiración endógena



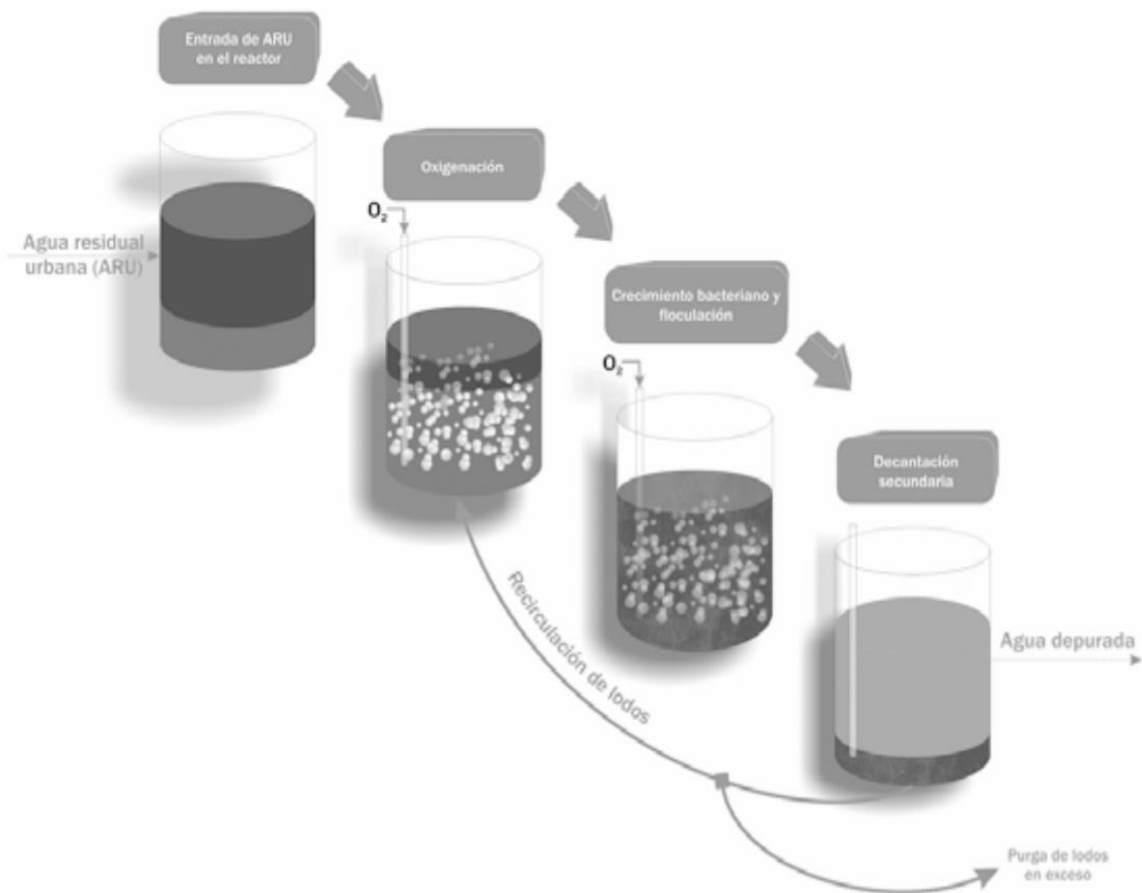
El aporte de oxígeno para el mantenimiento de las reacciones de oxidación, síntesis y respiración endógena, se efectúa introduciendo, generalmente, aire en los recipientes en que se llevan a cabo estas reacciones, recipientes que se conocen con el nombre de reactores biológicos o cubas de aireación.

Las nuevas bacterias que van apareciendo en los reactores, como consecuencia de las reacciones de síntesis, tienden a unirse (floculación), formando agregados de mayor densidad que el líquido circundante, y en cuya superficie se va adsorbiendo la materia en forma coloidal. Para la separación de estos agregados, conocidos como lodos o fangos, el contenido de los reactores biológicos (licor de mezcla), se conduce a una etapa posterior de sedimentación (decantación o clarificación secundaria), donde se consigue la separación de los lodos de los efluentes depurados por la acción de la gravedad.

De los lodos decantados una fracción se purga como lodos en exceso, mientras que otra porción se recircula al reactor biológico para mantener en él una concentración determinada de microorganismos. En la figura N°6 se muestra el esquema de aplicación de bacterias degradadoras.

El proceso descrito se conoce como «lodos activos». Fue desarrollado en 1914 en Inglaterra por Arden y Lockett y, hoy en día, esta tecnología en sus distintas modalidades (convencional, contacto-estabilización, aireación prolongada, etc.) es la más ampliamente aplicada a nivel mundial para el tratamiento de las aguas residuales urbanas.

FIGURA N° 06: ESQUEMA DE APLICACIÓN DE BACTERIAS DEGRADADORAS



FUENTE: Duncan (1983)

3.6.3. Determinación de la dosificación de hipoclorito de Calcio ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$) óptimo para disminuir la concentración de bacterias en el agua saliente del tanque Imhoff.

En concordancia del tercer objetivo, determinación de la dosificación de hipoclorito de Calcio ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$) óptima para disminuir la concentración de carga bacteriológica; se preparó una solución madre de hipoclorito de calcio.

Para la preparación de la solución madre, se utilizó un recipiente de plástico de 5 litros y se utilizó 40g de hipoclorito de Calcio ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$) al 65% (polvo desinfectante).

Una vez obtenida la solución madre, se realizó el siguiente procedimiento:

- Se colocó un vaso de 2 litros de cada una de las paletas de agitación.

- Posteriormente, se colocó en cada vaso exactamente 2 litros medidos con una probeta graduada, de una muestra fresca de agua residual.
- Con una pipeta, se añadió la solución de hipoclorito de Calcio ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$) (mg/l) en cantidades crecientes en vasos sucesivos.
- Se colocaron las paletas de agitación dentro de los vasos, se arrancó el agitador y se operó durante un minuto a una velocidad de 60 a 80 rpm.
- Se redujo la velocidad del grado seleccionado de agitación (normalmente 30 rpm aproximadamente y permitir que la agitación continúe durante unos 15 minutos.
- Una vez que transcurrió el periodo de agitación, se detuvo el agitador y se anotó cuánto tiempo transcurre para que el floculo se sedimente en el fondo de vaso.
- Después de permitir que el floculo se asiente durante 20 minutos, se determinó el color y la turbiedad del sobrenadante; y se procedió a filtrar el sobrenadante a través de un papel filtro.
- Se filtró otros 100 a 150 ml de muestra y se realizó los análisis correspondientes.

3.6.4. Determinación de la eficiencia del tratamiento de aguas residuales salientes del tanque imhoff.

En concordancia del cuarto objetivo, para lograr determinar la eficiencia del tratamiento, se procedió a la comparación de resultados del agua saliente del tanque imhoff, y el agua tratada experimentalmente con el hipoclorito de Calcio ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$) y las bacterias degradadoras, expresando el resultado en porcentaje (%).

3.7. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

Los datos obtenidos sobre las variables involucradas en la investigación fueron objeto de medición para alcanzar los objetivos de interés, a las cuales se les aplicó las técnicas estadísticas correspondientes. La técnica que se utilizó para la investigación fue el Análisis Documental de los trabajos que se realizaran en la experimentación.

Se utilizaron fichas de registro donde se llevó un control de los resultados obtenidos en cada experimento. Después se realizarán tabulaciones para verificar si está dentro de los parámetros permisibles.

Para la recolección de datos de la investigación, el procedimiento que se siguió fue el siguiente (ver Anexo 02): Se procedió a realizar un análisis físico químico del agua saliente del tanque Imhoff, como es: pH, DQO, DBO, sólidos totales y carga bacteriológica.

Una vez realizado este análisis, se procedió a aplicar el tratamiento propuesto mediante el uso de hipoclorito de Calcio ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$) y bacterias degradadoras para reducir la carga de bacteriológica y la materia orgánica que se encuentre en el agua residual. El tiempo de prueba fue el mismo para todos, se recogieron los mismos datos (Ver anexo 03 y 04). Una vez culminado este procedimiento en las muestras obtenidas, se procedió a la tabulación de los datos y evaluación de los mismos.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES EN EL TANQUE IMHOFF

Acorde con el primer objetivo específico de este proyecto, se realizaron exámenes físicos, químicos y biológicos (Ver Anexo N° 05 y N° 06), en la entrada (afluente) y salida (efluente) del agua residual en el tanque imhoff, entre los años 2016 y 2017, obteniéndose los siguientes resultados que se muestran en el Cuadro N° 11.

CUADRO N° 11: RESULTADOS DE EVALUACIÓN DE PARÁMETROS DE AFLUENTE Y EFLUENTE EN LOS AÑOS 2016 – 2017

PARÁMETROS	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE (D.S. 003-2010, MINAM)	UNIDAD	RESULTADOS			
			AFLUENTE 2016	EFLUENTE 2016	AFLUENTE 2017	EFLUENTE 2017
pH	6.5 – 8.5	--	6.52	6.74	6.67	6.86
DBO ₅	100	mg/l	315	220	380	180
DQO	200	mg/l	453	380	530	280
SÓLIDOS TOTALES	150	ppm	6895	4300	7124	4400
COLIFORMES TOTALES	10.000	NMP/100 ml	2850	1400	2400	2400
COLIFORMES FECALES	10.000	NMP/100 ml	2300	1400	1100	1500
TEMPERATURA	< 35	°C	20.7	20.8	20	21.5

FUENTE: Laboratorio NORT LAB

Tomando en cuenta los resultados de las evaluaciones realizadas al afluente y efluente del Tanque Imhoff, en los diferentes años evaluados, se evidencia un aumento en los valores de los parámetros evaluados, como se especifican a continuación:

- El pH evaluado en el afluente y efluente en el año 2016 y 2017, se encuentra dentro de los Límites Máximos Permisibles, establecidos por la Normativa Nacional (D.S. 003-2010, MINAM). Así mismo podemos notar que existe un aumento de pH en

ambos años: El agua que entra sale con un pH más alto, lo cual es adecuado, ya que se acerca al estado ideal de $\text{pH} = 7$, por ende el pH del agua efluente tendiente al lado más básico, una vez realizado el proceso de tratamiento de agua del tanque Imhoff.

- La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) evaluado en el afluente y efluente en el año 2016 y 2017, registraron valores de 315 mg/l a 220 mg/l (año 2016); y de 380 mg/l a 180 mg/l (año 2017), excediendo lo establecido por la Normativa Nacional D.S. 003-2010, MINAM (100 mg/l), lo cual indica que la cantidad de materia orgánica es suficientemente elevada, por lo que el consumo de oxígeno puede llevar a su agotamiento, lo que tiene una consecuencia inmediata en la destrucción de las comunidades acuáticas que necesitan el oxígeno para vivir. Además, el exceso de materia orgánica posibilita la proliferación de microorganismos, muchos de los cuales resultan patógenos (contaminación biológica), provoca déficit de oxígeno, lo que aumenta la solubilidad en el agua de ciertos metales y a la vez se incrementa el efecto de la corrosión de las conducciones y tuberías por la presencia de sulfuros.
- La Demanda Química de Oxígeno (DQO) evaluado en el afluente y efluente en el año 2016 y 2017, registraron valores de 453 mg/l a 380 mg/l (año 2016) y de 530mg/l a 280 mg/l (año 2017), excediendo lo establecido por la Normativa Nacional D.S. 003-2010, MINAM (200 mg/l); lo cual indica que la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar toda la materia orgánica y oxidable presente en un agua residual es insuficiente; por lo cual el grado de toxicidad del vertido, es alto.
- Los Sólidos Totales evaluados en el afluente y efluente en el año 2016 y 2017, registraron valores de 6895 ppm a 4300 ppm (año 2016) y de 7124 ppm a 4400 mg/l (año 2017), excediendo lo establecido por la Normativa Nacional D.S. 003-2010, MINAM (150 ppm); lo cual indica que el afluente, tanto en el año 2016 como en el año 2017, esta con un alto grado de partículas flotantes, como trozos de vegetales, animales, basuras, etc., y aquellas otras que también son perceptibles a simple vista.

- Los Coliformes Totales evaluados en el afluente y efluente en el año 2016 y 2017, registraron valores que no exceden lo establecido por la Normativa Nacional D.S. 003-2010, MINAM (10000 NMP/100ml). Así, se registraron valores de 2850 NMP/100 ml a 1400 NMP/100 ml (año 2016); lo que indica que el proceso de tratamiento realizado por el tanque Imhoff, logra reducir la presencia de Coliformes; pero no es suficiente. Así mismo los valores registrados en el año 2017 son de 2400 NMP/100 ml a 2400 NMP/100 ml (año 2017), lo que indica que el proceso de remoción de Coliformes realizado por el tanque, no es suficiente, dado que no hay variación de Coliformes, con respecto a los valores registrados en el afluente en este año.
- Los Coliformes Fecales evaluados en el afluente y efluente en el año 2016 y 2017, registraron valores que no exceden lo establecido por la Normativa Nacional D.S. 003-2010, MINAM (10000 NMP/100ml). Registrando valores de 2300 NMP/100 ml a 1400 NMP/100 ml (año 2016); lo que indica que el proceso de tratamiento realizado por el tanque Imhoff, logra reducir la presencia de Coliformes; pero no es suficiente. Así mismo los valores registrados en el año 2017 son de 1100 NMP/100 ml a 1500 NMP/100 ml (año 2017), lo que indica que el proceso de remoción de Coliformes Fecales, realizado por el tanque, es insuficiente, dado que las Coliformes fecales, aumentaron.
- La Temperatura evaluada en el afluente y efluente en el año 2016 y 2017, registraron valores de 20.7°C a 20.8°C (año 2016) y de 20°C a 21.5°C (año 2017), los cuales se encuentran dentro de lo establecido por la Normativa Nacional D.S. 003-2010, MINAM (< 35°C)

4.2. DETERMINACIÓN DE LA DOSIFICACIÓN DE BACTERIAS DEGRADORAS

Cumpliendo con el segundo objetivo, se determinó la dosificación de bacterias degradadoras para lograr la disminución de la materia orgánica, utilizando la metodología, ya antes mencionada; obteniéndose los siguientes resultados:

CUADRO N° 12: DETERMINACIÓN DE LA DOSIFICACIÓN DE BACTERIAS DEGRADORAS EN FUNCIÓN DE SU CAPACIDAD DE DISMINUIR LA MATERIA ORGÁNICA – AÑO 2017

PARÁMETROS	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	UNIDAD	CANTIDAD DE BACTERIAS DEGRADORAS UTILIZADA				
			0.5 UFC/100 ml	1 UFC/100 ml	1.5 UFC/100 ml	2 UFC/100 ml	2.5 UFC/100 ml
pH	6.5 – 8.5	--	6.86	6.86	6.87	6.80	6.88
DBO	100	mg/l	150	80	75	60	55
DQO	200	mg/l	200	180	160	120	90
Sólidos Totales	150	ppm	4400	4400	4400	4400	4400
Coliformes Totales	10.000	NMP/100 ml	2800	3100	3200	3500	3700
Coliformes Fecales	10.000	NMP/100 ml	1500	1500	1500	1500	1500

FUENTE: Laboratorio NORT LAB

Según los resultados obtenidos, como se muestran en el cuadro N° 12; se realizaron 5 pruebas con diferentes concentraciones de cultivos de bacterias al efluente del Tanque Imhoff (0.5 UFC/100ml, 1 UFC/100ml, 1.5 UFC/100ml, 2 UFC/100ml y 2.5 UFC/100ml); se obtuvieron los siguientes resultados, analizados por parámetros:

- Se observó un aumento en los valores de pH, estando desde 6.86 (ácido), cuando se agrega al influente 0.5 UFC/100ml de bacterias degradadoras; hasta obtener un valor de 6.88 (ácido), con una concentración de 2.5 UFC/100ml de bacterias degradadoras. Según estos resultados, tomando en cuenta que el estado ideal de pH es de 7, se debe considerar un pH de 6.88, que se acerca más al pH ideal, y que se logra cuando se agregó con una concentración de 2.5 UFC/100ml de bacterias degradadoras a la muestra del efluente. Cabe resaltar que todos los valores de pH obtenidos de las diferentes concentraciones de bacterias degradadoras agregadas a la

muestra, se encuentran dentro de los Límites Máximos Permisibles establecidos por la Normativa Nacional (D.S. 003-2010; MINAM).

- Con respecto a la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), se observó un comportamiento decreciente; es decir a medida que se va aumenta la concentración de bacterias degradadoras, van disminuyendo los valores de este parámetro, yendo desde 150 mg/l de DBO_5 , cuando se agregó 0.5 UFC/100ml de concentración bacterias degradadoras; hasta 55 mg/l, cuando se agregó 2.5 UFC/100ml de bacterias degradadoras. Todos los resultados obtenidos de las diferentes concentraciones realizadas, están dentro de los Límites Máximos Permisibles establecidos por la Normativa Nacional (D.S. 003-2010; MINAM).
- Con respecto a la Demanda Química de Oxígeno (DQO), se observó un comportamiento decreciente; es decir a medida que se va aumenta la concentración de bacterias degradadoras, van disminuyendo los valores de este parámetro, yendo desde 200 mg/l de DBO_5 , cuando se agregó 0.5 UFC/100ml de concentración bacterias degradadoras; hasta 90 mg/l, cuando se agregó 2.5 UFC/100ml de bacterias degradadoras. Todos los resultados obtenidos de las diferentes concentraciones realizadas, están dentro de los Límites Máximos Permisibles establecidos por la Normativa Nacional (D.S. 003-2010; MINAM).

Obteniendo el DBO_5 y el DO, se halló el grado de biodegradabilidad de la materia orgánica; resultando que la materia orgánica es altamente biodegradable.

$$DBO_5 / DBO = (55 \text{ mg/l}) / (90 \text{ mg/l})$$

$$DBO_5 / DQO = 0.61$$

$$0.61 > 0.5$$

- Con respecto a los Sólidos Totales, se observó una variación mínima en la concentración de este parámetro; sin embargo los valores obtenidos se encuentran fuera de los Límites Máximos Permisibles establecidos por la Normativa Nacional (D.S. 003-2010; MINAM).
- Con respecto a las Coliformes Totales, se evidencia una aumento en los valores de este parámetro; pues van desde 2800 NMP/ 100 ml de DBO_5 , cuando se agregó 0.5

UFC/100ml de concentración bacterias degradadoras; hasta 3700 NMP/ 100, cuando agregamos 2.5 UFC/100ml de bacterias degradadoras. Este aumento en Coliformes, se debe al efecto de la misma concentración de bacterias degradadoras adicionadas a la muestra del efluente. Todos los resultados obtenidos de las diferentes concentraciones realizadas, están dentro de los Límites Máximos Permisibles establecidos por la Normativa Nacional (D.S. 003-2010; MINAM).

- Con respecto a las Coliformes Fecales, se evidencia que no ha afectado el valor de este parámetro, una vez adicionadas las bacterias cultivadas, manteniéndose en 1500 NMP/ 100ml. A pesar de ello, se cumple con los Límites Máximos Permisibles establecidos por la Normativa Nacional (D.S. 003-2010; MINAM).

Tomando en cuenta los resultados obtenidos, la concentración óptima de bacterias degradadoras; a usar es la de 2.5 UFC/ 100ml, debido a que el pH obtenido con esta concentración es de 6.88, estando muy cerca del pH neutro = 7; así mismo se logra reducir la materia orgánica y esto queda demostrado con los resultados de los parámetros de DBO y DQO; los cuales son menores a los valores del efluente antes del tratamiento y están dentro de los límites establecidos por la normativa nacional; tal como se muestra en el cuadro N° 13.

CUADRO N° 13: COMPARACIÓN DE RESULTADOS DEL EFLUENTE ANTES Y DESPUES DEL TRATAMIENTO (2.5 UFC/ 100ml) – AÑO 2017

PARÁMETROS	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	UNIDAD	RESULTADOS – BACTERIAS DEGRADADORAS	
			EFLUENTE ANTES DEL TRATAMIENTO	EFLUENTE DESPUÉS DEL TRATAMIENTO
pH	6.5 – 8.5	--	6.86	6.88
DBO	100	mg/l	180	55
DQO	200	mg/l	280	90
Sólidos Totales	150	ppm	4400	4400
Coliformes Totales	10.000	NMP/100 ml	2400	3700
Coliformes Fecales	10.000	NMP/100 ml	1500	1500

FUENTE: Laboratorio NORT LAB

4.3. DETERMINACIÓN DE LA DOSIFICACIÓN DE HIPOCLORITO DE CALCIO (Ca (ClO)₂)

Cumpliendo con el tercer objetivo, se determinó la dosificación de hipoclorito de Calcio (Ca (ClO)₂) para lograr la disminución de la carga bacteriana, utilizando la metodología, ya antes mencionada; obteniéndose los siguientes resultados:

CUADRO N° 14: DETERMINACIÓN DE LA DOSIFICACIÓN DE HIPOCLORITO DE CALCIO (CA(ClO)₂) EN FUNCIÓN DE SU CAPACIDAD DE DISMINUIR LA CARGA BACTERIOLÓGICA – AÑO 2017

PARÁMETROS	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	UNIDAD	CANTIDAD DE Ca(ClO) ₂ UTILIZADO				
			5 ppm	10 ppm	15 ppm	20 ppm	50 ppm
pH	6.5 – 8.5	--	6.89	6.96	7.15	7.30	7.83
DBO ₅	100	mg/l	150	112	96	83	20
DQO	200	mg/l	210	170	110	98	40
Sólidos Totales	150	ppm	4600	4760	4830	5100	6013
Coliformes Totales	10.000	NMP/100 ml	826	360	110	90	< 3
Coliformes Fecales	10.000	NMP/100 ml	680	249	100	70	< 3

FUENTE: Laboratorio NORT LAB

Según los resultados obtenidos, como se muestran en el cuadro N° 14; se realizaron 5 pruebas con diferentes dosificaciones de hipoclorito de calcio (Ca (ClO)₂) al efluente del Tanque Imhoff (5 ppm, 10 ppm, 15 ppm, 20 ppm y 50 ppm); se obtuvieron los siguientes resultados, analizados por parámetros:

- Se observó un aumento en los valores de pH, estando desde 6.89 (ácido), cuando se agrega al influente 5 ppm de hipoclorito de calcio (Ca (ClO)₂); hasta obtener un valor de 7.83 (básico), con una concentración de hipoclorito de calcio (Ca (ClO)₂) de 50 ppm. Según estos resultados, tomando en cuenta que el estado ideal de pH es de 7, se debe considerar un pH de 7.15, que se acerca más al pH ideal, y que se logra cuando se agregó una concentración de 15 ppm de hipoclorito de calcio (Ca(ClO)₂) a la muestra del efluente. Cabe resaltar que todos los valores de pH obtenidos de las diferentes concentraciones de hipoclorito de calcio (Ca(ClO)₂)

agregadas a la muestra, se encuentran dentro de los Límites Máximos Permisibles establecidos por la Normativa Nacional (D.S. 003-2010; MINAM)

- Con respecto a la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), se observó un comportamiento decreciente; es decir a medida que se va aumenta la concentración de Hipoclorito de Calcio ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$), van disminuyendo los valores de este parámetro, yendo desde 150 mg/l de DBO_5 , cuando se agregó 5 ppm de concentración de $\text{Ca}(\text{ClO})_2$; hasta 20 mg/l, cuando agregamos 20 ppm de $\text{Ca}(\text{ClO})_2$. Todos los resultados obtenidos de las diferentes concentraciones realizadas, están dentro de los Límites Máximos Permisibles establecidos por la Normativa Nacional (D.S. 003-2010; MINAM).
- Con respecto a la Demanda Química de Oxígeno (DQO), se observó un comportamiento decreciente; es decir a medida que se va aumenta la concentración de Hipoclorito de Calcio ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$), van disminuyendo los valores de este parámetro, yendo desde 210 mg/l de DBO_5 , cuando se agregó 5 ppm de concentración de $\text{Ca}(\text{ClO})_2$; hasta 40 mg/l, cuando agregamos 20 ppm de $\text{Ca}(\text{ClO})_2$. Todos los resultados obtenidos de las diferentes concentraciones realizadas, están dentro de los Límites Máximos Permisibles establecidos por la Normativa Nacional (D.S. 003-2010; MINAM).
- Con respecto a los Sólidos Totales, se observó un comportamiento creciente; es decir a medida que se va aumenta la concentración de Hipoclorito de Calcio ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$), van aumentando las concentraciones de Sólidos Totales, yendo desde 4600 mg/l de DBO_5 , cuando se agregó 5 ppm de concentración de $\text{Ca}(\text{ClO})_2$; hasta 6013 mg/l, cuando agregamos 20 ppm de $\text{Ca}(\text{ClO})_2$. Aquí, se evidencia que todos los resultados son mayores a lo establecido en los Límites Máximos Permisibles establecidos por la Normativa Nacional (D.S. 003-2010; MINAM); es decir superan los 150 ppm. Esto se debió a que a medida que aumentaban las cantidades de cloro, se obtenía cloro residual, lo que hace que aumente los valores de este parámetro.
- Con respecto a las Coliformes Totales, se evidencia una disminución en los valores de este parámetro; van disminuyendo yendo desde 823 NMP/ 100 ml de DBO_5 , cuando se agregó 5 ppm de concentración de $\text{Ca}(\text{ClO})_2$; hasta < 3 NMP/ 100,

cuando agregamos 20 ppm de $\text{Ca}(\text{ClO})_2$. Todos los resultados obtenidos de las diferentes concentraciones realizadas, están dentro de los Límites Máximos Permisibles establecidos por la Normativa Nacional (D.S. 003-2010; MINAM).

- Con respecto a las Coliformes Fecales, se evidencia una disminución en los valores de este parámetro; van disminuyendo yendo desde 680 NMP/ 100 ml de DBO, cuando se agregó 5 ppm de concentración de $\text{Ca}(\text{ClO})_2$; hasta < 3 NMP/ 100, cuando agregamos 20 ppm de $\text{Ca}(\text{ClO})_2$. Todos los resultados obtenidos de las diferentes concentraciones realizadas, están dentro de los Límites Máximos Permisibles establecidos por la Normativa Nacional (D.S. 003-2010; MINAM).

Tomando en cuenta los resultados obtenidos, la concentración óptima de hipoclorito de Calcio ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$), es de 15 ppm dado que el pH es básico, obteniéndose un pH de 7.15, estando muy cerca del pH ideal, $\text{pH} = 7$.

Asimismo se logra reducir la carga microbiológica: Las Coliformes Totales disminuyen, notablemente, así como las Coliformes Fecales. Sin embargo, eso produce el aumento de los sólidos totales, producto del cloro residual, el cual actúa como reserva para combatir las Coliformes Totales existentes en el efluente.

A continuación, el Cuadro N° 15, muestra los resultados obtenidos comparándolo con los resultados de los parámetros evaluados con respecto a la dosificación óptima de Hipoclorito de Calcio ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$), con los valores de los parámetros evaluados antes del tratamiento.

CUADRO N° 15: COMPARACIÓN DE RESULTADOS DEL EFLUENTE ANTES Y DESPUES DEL TRATAMIENTO (15 ppm)– AÑO 2017

PARÁMETROS	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	UNIDAD	RESULTADOS – HIPOCLORITO DE CALCIO	
			EFLUENTE ANTES DEL TRATAMIENTO	EFLUENTE DESPUÉS DEL TRATAMIENTO
pH	6.5 – 8.5	--	6.86	7.15
DBO	100	mg/l	180	96
DQO	200	mg/l	280	110
Sólidos Totales	150	ppm	4400	4830
Coliformes Totales	10.000	NMP/100 ml	2400	110
Coliformes Fecales	10.000	NMP/100 ml	1500	100

FUENTE: Laboratorio NORT LAB

4.4. DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA EN EL TRATAMIENTO

Cumpliendo con el cuarto objetivo, se determinó la eficiencia del proceso, comparando los resultados de antes y después del tratamiento (uso de bacterias degradadoras e hipoclorito de calcio) enfocándose en los parámetros en los que cada uno influiría de manera primordial para esta investigación; obteniéndose los siguientes resultados:

CUADRO N° 16: EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO CON BACTERIAS DEGRADADORAS

PARÁMETROS	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	UNIDAD	RESULTADOS – BACTERIAS DEGRADADORES		NIVEL DE REDUCCIÓN
			EFLUENTE ANTES DEL TRATAMIENTO	EFLUENTE DESPUÉS DEL TRATAMIENTO	
pH	6.5 – 8.5	--	6.86	6.88	+ BÁSICO
DBO	100	mg/l	180	55	30%
DQO	200	mg/l	280	96	34.2%

FUENTE: Laboratorio NORT LAB

CUADRO N° 17: EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO CON HIPOCLORITO DE CALCIO

ARÁMETROS	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	UNIDAD	RESULTADOS – HIPOCLORITO DE CALCIO		NIVEL DE REDUCCIÓN
			EFLUENTE ANTES DEL TRATAMIENTO	EFLUENTE DESPUÉS DEL TRATAMIENTO	
pH	6.5 – 8.5	--	6.86	7.1	+ BASICO
Coliformes Totales	10.000	NMP/100 ml	2400	110	4.58%
Coliformes Fecales	10.000	NMP/100 ml	1500	100	6.66%

FUENTE: Laboratorio NORT LAB

En el Cuadro N° 16 y 17, se muestra el porcentaje de reducción de los parámetros evaluados, que, obteniéndose lo siguiente:

- Al utilizar bacterias degradadores, para disminuir la concentración de materia orgánica, se logró aumentar el ph, acercándose el pH ideal; además, se logró un porcentaje de reducción de DBO, con la aplicación del tratamiento fue de 30%. Así mismo el porcentaje de reducción de DQO, es de 34.2%. Cabe resaltar que los resultados obtenidos, cumplen con los Límites Máximos Permisibles establecidos por la Normativa Nacional.
- Al utilizar hipoclorito de calcio, para disminuir la concentración de carga bacteriana, se logró aumentar el ph, acercándose el pH ideal; además, el porcentaje de reducción de Coliformes Totales, con la aplicación del tratamiento fue de 4.58 %. Así mismo el porcentaje de reducción de Coliformes Fecales, es de 6.66%. Cabe resaltar que los resultados obtenidos, cumplen con los Límites Máximos Permisibles establecidos por la Normativa Nacional.

CONCLUSIONES

1. Se realizaron evaluaciones al afluente e influente del Tanque Imhoff; llevado a cabo en dos años diferentes (2016 – 2017); en el cual a través del análisis físicos, químicos y biológicos, se determinó que efectivamente el efluente del tanque Imhoff, no está cumpliendo con los Límites Máximos Permisibles, establecidos por el D.S. 003-2013 – MINAM. Los resultados encontrados en la investigación se describen a continuación.
 - El pH existente en el efluente en el año 2016 es de 6.74; y el efluente del año 2017 es de 6.86; ambos resultados están dentro de los Límites Máximos Permisibles, establecidos por el D.S. 003-2013 – MINAM, donde se estipula que el pH debe estar comprendido entre los valores de 6.5 y 8.5.
 - La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) existente en el efluente en el año 2016 es de 220 mg/l; y el efluente del año 2017 es de 180 mg/l. Aunque se ve una disminución en la concentración de DBO, ambos resultados están por encima de los Límites Máximos Permisibles, establecidos por el D.S. 003-2013 – MINAM, donde se estipula que el DBO debe puede alcanzar un valor máximo de 100 mg/l.
 - La Demanda Química de Oxígeno (DQO) existente en el efluente en el año 2016 es de 380 mg/l; y el efluente del año 2017 es de 280 mg/l. Aunque se ve una disminución en la concentración de DQO, ambos resultados están por encima de los Límites Máximos Permisibles, establecidos por el D.S. 003-2013 – MINAM, donde se estipula que el DQO debe puede alcanzar un valor máximo de 200 mg/l.
 - Los sólidos totales existente en el efluente en el año 2016 son de 4300 ppm y el efluente del año 2017 es de 4400 ppm. Se observó un aumento en la concentración de sólidos totales, ambos resultados están por encima de los Límites Máximos Permisibles, establecidos por el D.S. 003-2013 – MINAM, donde se estipula que la concentración de sólidos totales debe puede alcanzar un valor máximo de 150 ppm.

- Las Coliformes Totales existentes en el efluente en el año 2016 son de 1400 NMP/100 ml y el efluente del año 2017 es de 2400 NMP/100 ml. Se observó un aumento en la concentración de coliformes totales; sin embargo, ambos resultados están dentro de los Límites Máximos Permisibles, establecidos por el D.S. 003-2013 – MINAM, donde se estipula que la concentración de Coliformes totales puede alcanzar un valor máximo de 10000 NMP/100 ml.
 - Las Coliformes Fecales existentes en el efluente en el año 2016 son de 1400 NMP/100 ml y el efluente del año 2017 es de 1500 NMP/100 ml. Se observó un aumento en la concentración de Coliformes fecales; sin embargo, ambos resultados están dentro de los Límites Máximos Permisibles, establecidos por el D.S. 003-2013 – MINAM, donde se estipula que la concentración de Coliformes totales puede alcanzar un valor máximo de 10000 NMP/100 ml.
 - La temperatura en el efluente en el año 2016 es de 20.8°C y el efluente del año 2017 es de 21.5°C. Se observó un aumento en la temperatura; sin embargo, ambos resultados están dentro de los Límites Máximos Permisibles, establecidos por el D.S. 003-2013 – MINAM, donde se estipula que la temperatura no debe ser mayor de 30 °C.
2. Se determinó que la dosificación óptima de bacterias degradadoras; las cuales fueron cultivadas fijando las condiciones del ambiente, fue de 2.5 UFC/100ml. Con esta concentración de bacterias se logra que el pH, aumente a un grado más básico; así mismo la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO), se logran reducir significativamente. Al realizar este tratamiento también se evidencia, que la cantidad de Coliformes totales en NMP/100ml, aumenta; esto debido a la adición de las bacterias degradadoras como parte fundamental del tratamiento aplicado.
 3. Se determinó que la dosificación óptima de hipoclorito de Calcio ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$) es de 15 ppm. Con esta concentración de $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ se logra que el pH, aumente a un grado más básico; así mismo se ve una disminución en las concentraciones de Coliformes Totales y Coliformes Fetales significativas, se logran reducir significativamente. Al realizar este tratamiento también se evidencia, que la cantidad de Sólidos Totales, aumenta, esto es causado por el cloro residual producto del tratamiento.

4. Con estos resultados, se pudo obtener el grado de reducción de materia orgánica y carga bacteriana. En el caso de las bacterias degradadoras se logró reducir la concentración de DBO hasta el 30% del total; el DQO se redujo hasta el 34.2%. En el caso del Hipoclorito de Calcio; se logró reducir hasta el 4.58% del total de Coliformes Totales; y reducir hasta un 6.66% del total de Coliformes Fecales. En el caso de pH, también se logró que aumente su valor más básico, favoreciendo las condiciones para ambos tratamientos realizados.

RECOMENDACIONES

1. Para determinar una buena caracterización de las aguas residuales, se recomienda un análisis profundo y más amplio de las características del efluente, tal como el nivel de azufre, oxígeno disuelto, nitratos, etc. Asimismo establecer un programa de mejora del tratamiento, para lo cual se deberá considerar todas las condiciones actuales y técnicas incluyendo, por ejemplo, la red de captación de aguas residuales hasta llegar al Tanque Imhoff y la descarga hasta el cuerpo de agua. Este programa se debe complementar con la realización de una proyección demográfica del distrito de Montero, para obtener un pronóstico en referencia a la población futura, ya que el crecimiento demográfico influirá en la eficiencia y/o duración del proyecto, así como en la vida útil de la planta de tratamiento de aguas residuales, el tanque Imhoff.
2. Se mejoraría la eficiencia del proceso de tratamiento de aguas residuales, si se realizara un mantenimiento continuo, no solo del tanque sino también de los puntos de captación de agua residual de la ciudad; instalándoles filtros y realizando la remoción de agentes o flora bacteriana que se pueda formar, producto de las características propias del agua residual proveniente de los hogares, que pueden empeorar la situación sanitaria de la ciudad
3. Se debe considerar la instalación de un tratamiento adicional, como el de humedales, los cuales son capaces de tratar por si mismos la carga bacteriana, manteniendo un estado de equilibrio, y ayudando a una mejor depuración y utilización del agua residual.
4. Al realizar la dosificación de hipoclorito de calcio, se logra reducir las concentraciones de Coliformes, pero se lograría un mejor resultado, si se instalara un sistema de cloración, como apoyo de desinfección, para poder lograr que el efluente, llegue al cuerpo de agua, con la cantidad mínima de Coliformes, buscando reducir así el riesgo latente de convertirse en un foco infeccioso de enfermedades, además de buscar conservar las condiciones idóneas del cuerpo de agua, que afecta o influye a los pobladores, que se ven afectados por el cauce de la quebrada Sicacate.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAN BANTE, N. (2002). *CLOSTRIDIUM PERFRINGENS COMO INDICADOR MICROBIOLÓGICO EN AGUAS RESIDUALES*. TESIS DESARROLLADA PARA OBTENER EL GRADO DE MASTER, SONORA.
- ARCE JÁUREGUI, L. F. (ABRIL DE 2013). *URBANIZACIONES SOSTENIBLES: DESCENTRALIZACIÓN DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES RESIDENCIALES*. TESIS DESARROLLADA PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL, LIMA.
- BARBARA HO, L. E. (2002). *CONCEPTOS BÁSICOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA Y PÁRAMETROS DE MEDICIÓN*. SANTIAGO DE CALI.
- CABRERA CABRERA, M. A., & PULLA TENEMAZA, M. F. (SETIEMBRE DE 2014). *LÍNEA BASE PARA EL APROVECHAMIENTO DE MICROALGAS DE SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL*. TESIS DESARROLLADA PARA OBTENER TÍTULO PROFESIONAL, ECUADOR.
- CAMPOS C. (1999). *INDICADORES DE CONTAMINACION FECAL EN LA REUTILIZACION DE AGUAS RESIDUALES PARA RIEGO AGRICOLA*. TESIS DOCTORAL, UNIVERSIDAD DE BARCELONA.
- CARRILLO GUTIERREZ, A. (AGOSTO DE 2006). *ALTERNATIVA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE DRENAJES POR MEDIO DE MÓDULOS SANITARIOS*. TESIS DESARROLLADA PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL, GUATEMALA.
- DUNCAN CL (1983) *IMPROVED MEDIUM FOR SPORULATION OF CLOSTRIDIU, PERFRINGES*.
- EASTON J. . (1998). *DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE RIESGOS PARA EVALUAR LOS EFECTOS ADVERSOS EN LA SALUD HUMANA DE LOS AGENTES PATOÓGENOS*. UNIVERSIDAD DE ALABAMA. BIRMINGHAM-USA: PROGRAMA DE INGENIERIA DE SALUD AMBIENTAL.
- ESPINOZA PAZ, R. E. (ABRIL DE 2010). *PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN SAN JUAN DE MIRAFLORES*. TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE MASTER, PIURA.
- FONDO NACIONAL DEL AMBIENTE (FONAM). (2010). *OPORTUNIDADES DE MEJORAS AMBIENTALES POR EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL PERÚ*. LIMA: FONDO NACIONAL DEL AMBIENTE.
- FUNDACIÓN NACIONAL DE SALUD (2013), *MANUAL PRÁCTICO DE ANÁLISIS DE AGUA*; BRASILIA.
- GARCIA TRUJILLO, Z. (2012). *COMPARACIÓN Y EVALUACIÓN DE TRES PLANTAS ACUÁTICAS PARA DETERMINAR LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE*

NUTRIENTES EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS.
TESIS DESARROLLADA PARA OBTENER TITULO PROFESIONAL, LIMA.

- GUERRA, C. (JULIO DE 2012). UTILIZACION DE TECNOLOGIA INNOVADORA BIODEGRADABLE 100% ECOLOGICA CON PODRUCTOS BIOQUIMICOS – ENZIMATICOS PARA TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES UTILIZABLES PARA EL RIEGO DE PARQUES I JARDINES EN EL DISTRITO DE MIRAFLORES. LIMA.
- HERNÁNDEZ SAMPIERI, R., BAPTISTA LUCIO, M., & FERNANDEZ COLLADO. (2010). METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION. *QUINTA EDICION*.
- INEII. (2007). *COMPENDIO ESTADISTICO PROVINCIAL DE PIURA 2007*. PIURA: INEII.
- INEII. (2010). *PIURA: COMPENDIO ESTADISTICO 2010*. PIURA.
- METCALF, & EDDY. (1996). *INGENIERÍA DE AGUAS RESIDUALES: TRATAMIENTO, VERTIDO Y REUTILIZACION., 1º EDICION*. MADRID: MACGRAW-HILL.
- MINISTERIO DE COMERCIO EXTERIOR Y TURISMO. (2008). *MANUAL TÉCNICO DE DIFUSION. SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PAR ALBERGUES EN ZONAS RURALES*. LIMA: MINISTERIO DE COMERCIO EXTERIOR Y TURISMO.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. (2001). LEY DE AGUAS ESPAÑOLAS. ESPAÑA.
- MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO. (1997). *NORMA TÉCNICA OS.090 “PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES”*. LIMA.
- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-ECOL-1996. (18 DE OCTUBRE DE 1996). ESTABLECE LOS LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES EN LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES Y BIENES NACIONALES. MEXICO: DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACION.
- ORGANISMO DE EVALUACION Y FISCALIZACION AMBIENTAL. (2014). FISCALIZACION AMBIENTAL EN AGUAS RESIDUALES. (M. D. AMBIENTE, ED.)
- ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. (1987). *GUIAS PARA LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE. VOLUMEN 2, CRITERIOS RELATIVOS A LA SALUD Y OTRA INFORMACION BASE*. ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD. WASHINGTON D.C.: PUBLICACIÓN CIENTÍFICA N° 506.
- ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD (OPS). (2005). *ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE TANQUE SÉPTICO, TANQUE IMHOFF Y LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN*. LIMA: ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD.
- QUITO, C., & LEÓN, T. (OCTUBRE DE 2013). GUIA DE INVESTIGACION . PIURA: FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL UNP.

- SUNASS. (2000). PARÁMETROS DE CALIDAD Y LÍMITES MÁXIMO PERMISIBLES. *OFICIO CIRCULAR NO 677-2000/SUNASS-INF*. LIMA.
- SUNASS. (2008). DIAGNÓSTICO SITUACIONAL DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LAS EPS DEL PERÚ Y PROPUESTAS DE SOLUCIÓN. LIMA, PERÚ.
- VISITACIÓN FIGUEROA, L. (2004). *DEGRADACIÓN FOTOCATALÍTICA DE DETERGENTES EFLUENTES DOMÉSTICOS*. TESIS DESARROLLADA PARA OBTENER EL GRADO DE MASTER, LIMA.

ANEXOS

ANEXO 01: TANQUE IMHOFF



FIGURA N° 07: TANQUE IMHOFF



FIGURA N° 08: FILTRO PERCOLADOR – ANTES DE ENTRADA AL TANQUE



FIGURA N° 09: ENTRADA DEL TANQUE - 2016



FIGURA N° 010: ENTRADA DEL TANQUE - 2017



FIGURA N° 11: CAMARA DE ESPUMAS – 2016



FIGURA N° 12: CAMARA DE ESPUMAS – 2017



FIGURA N° 13: CAMARA DE SEDIMENTACIÓN – 2016



FIGURA N° 14: CAMARA DE SEDIMENTACIÓN – 2017



FIGURA N° 15: SALIDA DEL TANQUE IMHOFF

ANEXO 02: TABLA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

Nº	FECHA	HORA	Tº	OBSERVACIONES
1				
2				
3				
4				
5				

FUENTE: Elaboración Propia

ANEXO 03: DETERMINACIÓN DE LA DOSIFICACIÓN ÓPTIMA DE LAS BACTERIAS DEGRADADORAS Y EL TIEMPO RESIDENCIA.

Dosificación de Bacterias g/l

<div>Tiempo</div> <div>(Días)</div> <div>Parámetro</div>	0.5 UFC/100 ml	1 UFC/100 ml	1.5 UFC/100 ml	2 UFC/100 ml	2.5 UFC/100 ml
pH					
DBO ₅					
DQO					
Sólidos Totales					
Coliformes Totales					
Coliformes Fecales					

FUENTE: Elaborada por el Autor.

ANEXO 04: DETERMINACIÓN DE LA DOSIFICACIÓN OPTIMA DEL Ca (ClO)₂ Y EL TIEMPO RESIDENCIA

Dosificación de Ca (ClO)₂g/l

ppm Parámetro	5	10	15	20	50
pH					
DBO ₅					
DQO					
Sólidos Totales					
Coliformes Totales					
Coliformes Fecales					

FUENTE: Elaborada por el Autor.

ANEXO 05: RESULTADO DE LOS EXAMENES DE LABORATORIO – 2016



LABORATORIO NORTLAB

Laboratorio de Análisis Biomédicos, Alimentos y Ambientales

Calle Junín N° 557 2do piso. Chulucanas. Teléfonos: 73 - 200546 Celular: 969612017, 969326719 E-mail: nortlab12@yahoo.com

RESULTADO DE ENSAYO

Nº 003883

SOLICITANTE	: Staci Nicole Moreno Jabo.
DIRECCIÓN LEGAL	: Calle Pedro Elera 232 San Martín – Piura
MUESTRA PROCEDENCIA	: Agua residual domestica de Planta de Tratamiento (Entrada M ₁ , Salida M ₂)
CÓDIGO DE MUESTRA	: Nicole Moreno Jabo
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA	: Agua residual domestica de Planta de Tratamiento (Entrada M ₁ , Salida M ₂)
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	:
ENVASE	: Junio 2016
ROTULADO	: Muestras antes y después del tratamiento.
FECHA DE PRODUCCIÓN	: Fecha de Producción: Junio 2016.
REGISTRO SANITARIO	: Fecha de vencimiento:xxx

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA.

Muestras N°	M ₁	M ₂
Análisis		
DBO ₅ (mg/l)	315	220
DQO (mg/l)	453	380
Sólidos Suspendidos (ppm)	6895	4300
pH	6.52	6.74

Piura, 2 Agosto del 2016

Blgo° - Moblgo° CESAR TORRES DIAZ M.Sc.

Nota: Dirección actual: Transversal Tumbes 161 2do Piso. Sullana.- Sullana. Piura.

RESULTADO DE ENSAYO

Nº 003883

SOLICITANTE : Staci Nicole Moreno Jabo.
DIRECCIÓN LEGAL : Calle Pedro Elera 232 San Martín - Piura
MUESTRA PROCEDENCIA : Agua residual domestica de Planta de Tratamiento (Entrada M₁, Salida M₂)
CÓDIGO DE MUESTRA : Nicole Moreno Jabo
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA : Agua residual domestica de Planta de Tratamiento (Entrada M₁, Salida M₂)
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA :
ENVASE : Junio 2016
ROTULADO : Muestras antes y después del tratamiento.
FECHA DE PRODUCCIÓN : Fecha de Producción: Junio 2016.
REGISTRO SANITARIO : Fecha de vencimiento:xxx

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA.

	Muestras N°	M ₁	M ₂
Análisis			
Numeración de Coliformes totales (NMP/100 ml)		2850	1400
Numeración de Coliformes fecales (NMP/100 ml)		2300	1400

Piura, 2 Agosto del 2016

Blgo° - Mblgo° CESAR TORRES DIAZ M.Sc.

Nota: Dirección actual: Transversal Tumbes 161 2do Piso. Sullana.- Sullana. Piura.

ANEXO 06: RESULTADO DE LOS EXAMENES DE LABORATORIO – 2017



LABORATORIO NORTLAB

Laboratorio de Análisis Biomédicos, Alimentos y Ambientales

Calle Junín N° 557 2do piso. Chulucanas. Teléfonos: 73 - 200546 Celular: 969612017, 969326719 E-mail: nortlab12@yahoo.com

RESULTADO DE ENSAYO

Nº 003934

SOLICITANTE : Staci Nicole Moreno Jabo.
 DIRECCION LEGAL : Calle Pedro Elera 202 San Martín – Piura
 MUESTRA PROCEDENCIA : Agua residual domestica de Planta de Tratamiento (Entrada M₁., Salida M₂., Salida con tratamiento 1 M₃., Salida con tratamiento 2 M₄).
 CÓDIGO DE MUESTRA : Nicole Moreno Jabo
 FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA : Agua residual domestica de Planta de Tratamiento (Entrada M₁., Salida M₂., Salida con tratamiento 1 M₃., Salida con tratamiento 2 M₄).
 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA :
 ENVASE : Agosto 2017
 ROTULADO : Muestras antes y después del tratamiento.
 FECHA DE PRODUCCION : Fecha de Producción: Agosto 2017.
 REGISTRO SANITARIO : Fecha de vencimiento:xxx

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA.



Análisis	Muestras N°	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄
DBO ₅ (mg/l)		380	180	55	96
DQO (mg/l)		530	280	90	110
Sólidos Suspendidos (ppm)		7124	4400	4400	4830
pH		6.67	6.86	6.88	7.15

Piura, 13 setiembre del 2017

Bigo® - Mchigo® CESAR TORRES DÍAZ M.Sc.

Nota: Dirección actual: Transversal Tumbes 161 2do Piso. Sullana.- Sullana. Piura.

RESULTADO DE ENSAYO

Nº 003934

SOLICITANTE : Staci Nicole Moreno Jabo.
DIRECCIÓN LEGAL : Calle Pedro Elera 202 San Martín – Piura
MUESTRA PROCEDENCIA : Agua residual domestica de Planta de Tratamiento (Entrada M₁., Salida M₂., Salida con tratamiento 1 M₃., Salida con tratamiento 2 M₄).
CÓDIGO DE MUESTRA : Nicole Moreno Jabo
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA : Agua residual domestica de Planta de Tratamiento (Entrada M₁., Salida M₂., Salida con tratamiento 1 M₃., Salida con tratamiento 2 M₄).
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA :
ENVASE : Agosto 2017
ROTULADO : Muestras antes y después del tratamiento.
FECHA DE PRODUCCIÓN : Fecha de Producción: Agosto 2017.
REGISTRO SANITARIO : Fecha de vencimiento:xxx

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA.

Muestras N°	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄
Análisis				
Numeración de Coliformes totales (NMP/100 ml)	2400	2400	3700	110
Numeración de Coliformes fecales (NMP/100 ml)	1100	1500	1500	100

Piura, 13 setiembre del 2017

Blgo° - Mclgo° CESAR TORRES DIAZ M.Sc.

Nota: Dirección actual: Transversal Tumbes 161 2do Piso. Sullana.- Sullana. Piura.